

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du  
Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en  
sciences de la mer

OPTION : Environnement marin

**Thème :**

**Suivi Environnemental de la Qualité des Eaux  
Adjacentes à une Station de Production  
Pétrochimique  
(Cas de Skikda, Est du bassin Algérien)**

Présenté par : AINDAR Mohamed Amine  
GUERMI Ahmed Imad Eddine

Soutenu le 03/07/2016 devant la commission de jury :

Mr SEFIANE Omar	M.C.A (ENSSMAL)	Président
Mme HOUMA BACHARI Fouzia	Professeur (ENSSMAL)	Examinatrice
Mr FIRAD Ben Yahia	M.A.B (ENSSMAL)	Examineur
Mme HAMDY CHERNAI Safia	M.C.A (ENSSMAL)	Promotrice
Mr HAREK Derradji	Attaché de recherche (INRAA)	Co-Promoteur

Promotion 2015/2016

## **Remerciement**

*Nous remercions profondément notre promotrice Madame CHERNAI HAMDI Safia, ainsi notre Co-promoteur Monsieur HAREK Derradji qui n'on jamais cessé de nous conseiller, orienter et nous encourager. Merci pour leur disponibilité et leur coopération remarquable.*

*Nous adressons notre gratitude à monsieur SEFIANE Omar pour avoir accepté de Présider le jury de notre mémoire.*

*Je remercie également Madame HOUMA BACHARI Fouzia, Mr FIRAD Ben Yahia d'examiner ce travail et participer au jury du mémoire.*

*Je tiens également à témoigner ma plus grande gratitude à mesdames et messieurs :*

- *CHOUCHELAMANE Yamina Chargée de la communication et directrice du service HSE au niveau de la Direction Aval Sonatrach Oran.*
- *FILALI Abdel Ouahab Directeur QHSE au niveau du complexe de la FIR Skikda.*
- *BOUNIFA Med Abdel Bari Ingénieur de terrain SEAAL.*
- *MELLOUKI Mounia Affef, Mr Sif Eddine et Mr Rabeh les Ingénieurs du laboratoire au niveau de la FIR.*
- *BALASKA Fares Ingénieur HSE complexe GNL/K.*

*Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

## Liste des figures

Figure 1-1: Le cycle hydrologique (DERMOUCHE.F, 2007).....	16
Figure 1-2: Image représentant les dérivés issus du pétrole (DERMOUCHE, 2007).....	28
Figure 1-3: Image représentant le taux de production des hydrocarbures en Algérie (DERMOUCHE.F, 2007).....	29
Figure 2-1: Image satellitaire de la wilaya de Skikda (Google EARTH, 2016).....	32
Figure 2-2: Représentation des températures de la région de Skikda (2002-2011), (O.N.M, 2012). ....	34
Figure 2-3: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Skikda (2002-2011), (O.N.M, 2012). ....	34
Figure 2-4: Moyennes saisonnières de l'humidité relative de la région de Skikda (2002-2011), (O.N.M, 2012). ....	35
Figure 2-5: Image satellitaire de la zone industrielle de Skikda (GOOGLE EARTH, 2016). .....	37
Figure 2-6 : Image satellitaire de la centrale thermoélectrique (CTE) (GOOGLE EARTH, 2016). ....	37
Figure 2-7: Image satellitaire du complexe des matières plastiques CP1/K (GOOGLE EARTH, 2016). ....	39
Figure 2-8: Image satellitaire du complexe de Raffinage du Pétrole RA1/K (GOOGLE EARTH, 2016). ....	40
Figure 2-9: Image satellitaire présentant les stations de prélèvement (GOOGLE EARTH, 2016).....	47
Figure 3-1: Boite à moustaches (Box Plots) des variables quantitatives des analyses de la station Skikda. ....	58
Figure 3-2: Evolution de pH des effluents liquides des trois Stations. ....	59
Figure 3-3: Evolution de TDS des effluents liquides des trois Stations. ....	60
Figure 3-4 : Evolution de la conductivité des effluents liquides des trois Stations. ....	61
Figure 3-5: Evolution de la température des effluents liquides des trois Stations. ....	62
Figure 3-6: Evolution de l'oxygène dissous des effluents liquides des trois Stations. ....	63
Figure 3-7: Evolution de la turbidité des effluents liquides des trois Stations. ....	64
Figure 3-8: Evolution de la matière en suspension des effluents liquides des trois Stations... ..	65
Figure 3-9: Evolution de la Salinité des effluents liquides des trois Stations.....	66
Figure 3-10: Evolution des Hydrocarbures dans les effluents liquides des trois Stations. ....	68
Figure 3-11: Cercle de corrélation entre les caractères quantitatifs. ....	74
Figure 3-12: Diagramme d'ordination dérivé de l'ACP sur le plan de projection des axes 1-2. .....	75
Figure 3-13: Dendrogramme de classification par Dissimilarité .....	77

## Liste des tableaux

Tableau 1-1: Tableau récapitulatif de type, nature et source de pollution ( <b>MOHAMED BEN ALI.R, 2014</b> ).....	20
Tableau 1-2: Les normes de rejets industriels liquides selon le <b>JORAD</b> .....	30
Tableau 2-1: Conservation des prélèvements selon les normes <b>NF EN ISO (5667-3, 5667-1) (2004,2007)</b> . ( <b>Rodier, 2009</b> ).....	42
Tableau 2-2 : Données relatives aux sites d'échantillonnage des stations étudiées, taille des échantillons.....	48
Tableau 3-1: Statistiques descriptives des variables quantitatives des analyses de la station de Skikda.....	57
Tableau 3-2: Moyennes et écarts-types des variables quantitatives. ....	69
Tableau 3-3: Valeurs propres et la variabilité entre les facteurs quantitatifs.....	70
Tableau 3-4 : Coordonnées des variables quantitatives basées sur les corrélations. ....	71
Tableau 3-5 : Matrice de corrélation entre les différentes variables quantitatives.....	73

## Liste des abréviations

ACP	Analyse en Composantes Principales
AFNOR	Association Française de Normalisation
ANOVA	Analyse de la Variance
ANPE	L'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement
ASTM	American Society for Testing & Materials
C.E	Conductivité Electrique
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
COND	Conductivité
COT	Carbone Organique Total
CP1/K	Complexe matières plastiques
CTE	Centrale Thermoélectrique
DBO <sub>5</sub>	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DRIK	Direction Régionale de la zone Industrielle de Skikda
EN	Norme Européenne
ENIP	Entreprise Nationale de Pétrochimie
ERI	Eaux Résiduaire Industrielle
FIR	Force d'Intervention et de Réserve
GI	Gaz Industriels
GL1/K	Station N° 01 de production des Gazolines de Skikda
GNL	Gaz Naturel Liquide
GPL	Le Gaz de Pétrole Liquéfié
H.C	Hydrocarbures
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HSE	Hygiène Sécurité et Environnement
ISO	Organisation Internationale pour la Standardisation (International Organization for Standardization)
JORAD	Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique
MES	Matières En Suspension
NAFTAL	Entreprise nationale de raffinage et de distribution de produits pétroliers
NF	Norme Française
NT	Azote Total

O.D	Oxygène Dissous
O.N.E.D.D	Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable
O.N.M	Office National de la Météorologie
OFEV	Office Fédéral de l'Environnement
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PEBD	Polyéthylène Basse Densité
pH	Potentiel Hydrogène
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
Polymed	Le complexe de production de Polyéthylène haute densité
PVC	Poly Chlorure de Vinyle
RA1/K	Station N° 01 Raffinage de Skikda
RTE	Région de Transport Est
S1	Station de prélèvement n° 1
S2	Station de prélèvement n° 2
S3	Station de prélèvement n° 3
SAL	Salinité
SN	Sels nutritifs
SOMIK	Société de Maintenance Industrielle de Skikda
Sonatrach	Société Nationale de Transport et de la Commercialisation des hydrocarbures
TDS	Taux de Solides Dissous
TUR	Turbidité
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)
USA	États-Unis d'Amérique
VCM	Mono Chlorure de Vinyle

# Sommaire

## Remerciement

Liste des figures ..... i

Liste des tableaux ..... ii

Introduction ..... 12

**1 Généralités ..... 15**

1.1 Généralité sur l'eau..... 15

1.1.1 Historique ..... 15

1.1.2 Cycle de l'eau..... 15

1.1.3 Propriétés de l'eau..... 16

1.1.3.1 Propriétés physiques de l'eau..... 16

1.1.3.2 Propriétés chimiques de l'eau ..... 16

1.1.3.3 Propriétés biologiques de l'eau ..... 17

1.1.4 Pollution de l'eau ..... 17

1.1.4.1 Définition ..... 17

1.1.4.2 Types de pollution..... 18

1.1.4.2.1 Pollution chimique ..... 18

1.1.4.2.2 Pollution biologique..... 18

1.1.4.2.3 Pollution physique ..... 19

1.1.5 Les origines de pollution ..... 20

1.1.5.1 Effluents domestiques ..... 20

1.1.5.2 Effluents agricoles ..... 21

1.1.5.3 Effluents industriels ..... 21

1.1.5.3.1 Risques engendrés par les effluents liquides industriels..... 21

1.1.5.3.2 Les eaux résiduaire industrielles ..... 22

1.1.6 Paramètres de mesure de la pollution..... 23

1.1.6.1 Paramètres organoleptiques ..... 23

1.1.6.2 Paramètres physiques..... 24

1.1.6.2.1 Température ..... 24

1.1.6.2.2 Potentiel hydrogène ..... 24

1.1.6.2.3 Turbidité..... 24

1.1.6.2.4 La salinité..... 25

1.1.6.2.5 L'Oxygène dissous..... 25

1.1.6.2.6	Matières en suspension .....	25
1.1.6.2.7	La conductivité électrique.....	26
1.1.6.3	Paramètres chimiques .....	26
1.1.6.3.1	Demande chimique en Oxygène .....	26
1.1.6.3.2	Demande biologique en Oxygène.....	26
1.1.6.3.3	Carbone total organique.....	26
1.1.6.3.4	Azote total.....	27
1.1.6.4	Autres paramètres .....	27
1.1.6.4.1	Hydrocarbures.....	27
1.1.6.4.2	Micropolluants .....	27
1.2	Pétrole ‘Hydrocarbures’ .....	27
1.2.1	Les hydrocarbures et produits dérivés.....	27
1.2.2	Les hydrocarbures en Algérie .....	28
1.3	Réglementations .....	29
1.3.1	Textes législatifs et réglementations Algériennes .....	29
<b>2</b>	<b>Matériels et méthodes .....</b>	<b>32</b>
2.1	Présentation générale du site .....	32
2.1.1	Géologie et géomorphologie .....	32
2.1.2	Le Réseau hydrographique de la région de Skikda .....	32
2.1.3	Caractéristiques climatologiques de la zone d’étude .....	33
2.1.3.1	La pluviométrie .....	33
2.1.3.1.1	La température .....	33
2.1.3.2	Diagramme Ombrothermique .....	34
2.1.3.3	L’humidité.....	35
2.1.3.4	Les vents .....	35
2.1.4	Sources de pollution .....	35
2.2	Désignation et présentation du pôle industriel .....	36
2.3	Le choix des plateformes étudiées.....	36
2.3.1	Centrale thermoélectrique (CTE).....	37
2.3.2	Le complexe des matières plastiques (CP1/K).....	38
2.3.3	Le complexe de Raffinage du Pétrole (RA1/K).....	39
2.4	La méthodologie d’échantillonnage .....	41
2.4.1	Technique de prélèvement et de conservation .....	41

2.4.2	Méthodes d'analyses des échantillons.....	43
2.4.2.1	Les variables mesurées in situ.....	44
2.4.2.1.1	Le potentiel hydrogène (pH).....	44
2.4.2.1.2	L'oxygène dissous (O.D).....	44
2.4.2.1.3	La turbidité (TUR).....	44
2.4.2.1.4	Autres paramètres.....	44
2.4.2.2	Les variables mesurées au laboratoire.....	44
2.4.2.2.1	Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	45
2.4.2.2.2	Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	45
2.4.2.2.3	Dosage des hydrocarbures.....	45
2.4.2.2.4	Mesure de la matière en suspension (MES).....	45
2.4.2.2.5	Mesure des Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ).....	46
2.4.2.2.6	Mesure des Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	46
2.4.2.2.7	Mesure des Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	46
2.4.2.2.8	Mesure des phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	46
2.5	Méthodes d'analyse statistique.....	46
2.5.1	Stratégie d'échantillonnage et prélèvement.....	47
2.5.1.1	Durée d'échantillonnage.....	47
2.5.1.2	Choix des points de prélèvement pour les sites étudiés.....	47
2.5.2	Matériel de prélèvements.....	48
2.5.3	Méthodes d'analyse statistique.....	48
2.5.3.1	Analyse des données.....	48
2.5.3.2	Caractères étudiés.....	48
2.5.3.2.1	Choix des caractères.....	48
2.5.3.2.2	Types de caractères.....	49
2.5.3.2.3	Caractères harmonisé.....	49
2.5.4	Analyses statistiques.....	49
2.5.4.1	Statistiques univariées.....	50
2.5.4.1.1	Analyse de la Variance ANOVA.....	51
2.5.4.1.2	Le test de Newman-Keuls.....	51
2.5.4.2	Statistiques multivariées.....	51
2.5.4.2.1	Analyse en composantes principales (ACP).....	52
2.5.4.2.2	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	53

<b>3</b>	<b>Résultats &amp; discussion .....</b>	<b>56</b>
3.1	Analyse uni-variée .....	56
3.1.1	Statistique descriptive des caractères quantitatifs .....	56
3.1.1.1	Les distributions des caractères quantitatifs .....	59
3.1.1.1.1	Le potentiel Hydrogène (pH) .....	59
3.1.1.1.2	Taux des sels dissous (TDS) .....	60
3.1.1.1.3	Conductivité (COND) .....	61
3.1.1.1.4	Température (T°) .....	62
3.1.1.1.5	Oxygène dissous (O.D O <sub>2</sub> %) .....	63
3.1.1.1.6	Turbidité (TUR) .....	64
3.1.1.1.7	Demande chimique en oxygène (DCO) .....	64
3.1.1.1.8	Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	65
3.1.1.1.9	La matière en suspension (MES) .....	65
3.1.1.1.10	La salinité (SAL) .....	66
3.1.1.1.11	Les Sulfures (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	67
3.1.1.1.12	Les Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	67
3.1.1.1.13	Les Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	67
3.1.1.1.14	Les Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) .....	67
3.1.1.1.15	Les hydrocarbures (HC) .....	67
3.2	Analyse multi-dimensionnelle .....	68
3.2.1	Analyse en Composantes Principales (ACP) .....	68
3.2.2	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) .....	76
3.2.2.1	Etude de dissimilarité .....	76
<b>4</b>	<b>Discussion général .....</b>	<b>78</b>

## Références bibliographiques

<b>Annexe .....</b>	<b>iii</b>
---------------------	------------

## Résumé

# **Introduction**

## **Introduction**

Aujourd'hui la qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental primordial. Les polluants contenus dans les eaux usées ont des origines diverses. Les cinq principales catégories de pollueurs sont : l'industrie, l'agriculture, les ménages, les transports et l'urbanisation. La pollution générée par ces différentes activités constitue une menace permanente de dégradation de l'environnement. C'est pour quoi, les normes des rejets prévoient généralement des seuils de limites à ne pas dépasser pour chaque agent considéré comme un polluant. Le rejet de ces eaux dans le milieu naturel est la principale pollution qui affecte nos cours d'eau, et plus généralement tout le milieu naturel.

L'importance de plus en plus grande qu'on s'attache aujourd'hui à la protection des milieux naturels et en particulier à la préservation de la qualité des eaux. Des 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.

Les activités liées directement à la mer ont pris une place prépondérante, notamment dans les collectivités côtières, elles sont tributaires à la productivité du milieu marin. L'industrie pétrochimique pose des problèmes assez sérieux sur l'environnement. Les altérations de l'environnement pourraient être irréversibles.

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.

Le raffinage est le procédé de transformation des pétroles bruts d'origine diverses en carburants, lubrifiants, bitumes, et des produits de base pour la pétrochimie par des opérations physico-chimiques résultant de la séparation, et de procédés de transformation des fractions pétrolières.

Les effluents dus aux procédés de raffinage peuvent être chargés par de nombreux polluants, et constituent des milieux parfois très complexes. L'analyse de ces effluents permet d'identifier la ou les substances indésirables, qu'on doit éliminer a priori lors d'un traitement d'épuration.

La contamination de l'environnement est en particulier des eaux de mer par des rejets industriels est un problème grave en terme de santé public, auquel sont particulièrement exposés les habitants de la ville de Skikda depuis son industrialisation au début des années 70.

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. Les ressources vivantes et la biodiversité sont menacées par les effluents liquides rejetés par les industries d'hydrocarbure qui sont toujours installées dans les zones côtières.

L'objectif de cette étude est donc consiste à suivre et évaluer le degré de pollution des eaux de rejets issus du complexe pétrolier, et comment diminuer ces impacts environnementaux en réduisant et valorisant ces rejets par le biais d'une prospection stratégique à long terme en se basant notamment sur la prévention du futur, où nous limitons aux analyses de la qualité chimique, physique, et microbiologique au niveau de la baie limitrophe du complexe de production pétrochimique.

Pour cela, nous nous baserons sur les données des trois plateformes existantes à la zone industrielle de Skikda (CP1/K, RA1/K, CTE). Notre travail se traduira par des recherches bibliographiques, des études de faisabilité, des travaux de modélisation et de dimensionnement.

Cet objectif principal s'articule en deux sous-objectifs qui définissent nos axes d'études :

- Evaluation diagnostique de la qualité des effluents des trois plate-formes du complexe pétrolier Skikda, en remédiant à la modélisation des effluents selon les paramètres Physico-chimiques, autrefois à savoir les procédés de traitements des Hydrocarbures, bien que l'utilisation des : statistiques appliquées, modélisation, ANOVA, ACP.
- Trouver des solutions pour minimiser et réduire l'impact de la production pétrochimique sur l'écosystème aquatique par la valorisation des effluents vanales

# **PREMIERE PARTIE**

## **GENERALITES**

## 1 Généralités

### 1.1 Généralité sur l'eau

L'eau est une ressource renouvelable qui doit simplement être bien utilisée, répartie et distribuée. Cette source de vie est indispensable dans la vie de l'être humain, base de notre aliment, notre hygiène.

#### 1.1.1 Historique

L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments fondamentaux : car le monde était composé d'un mélange de ces quatre principes essentiels en proportion variable. Elle a été considérée comme un corps simple jusqu'au 18<sup>ème</sup> siècle. Puis plusieurs chimistes découvrirent que l'eau n'était pas un corps simple en effectuant la synthèse puis l'analyse. Citons les précurseurs, Priestley qui produisit de l'eau à partir de la combustion de l'hydrogène (1774), Watts (1783) qui émit l'hypothèse que l'eau n'était pas un corps simple, Monge qui en réalisa la synthèse sous l'action d'une étincelle électrique à partir d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène. Mais, l'expérience de synthèse décisive fut celle de Lavoisier et Laplace (1783) qui synthétisèrent l'eau à partir de l'hydrogène et l'oxygène au cours d'une expérience publique mémorable. La décomposition de l'eau eut lieu plus tard, après la découverte de la pile électrique par Volta (1800). L'électrolyse de l'eau permit de mesurer le rapport respectif de l'oxygène et de l'hydrogène pour arriver finalement à la formule chimique bien connue  $H_2O$ . La première électrolyse pratique fut réalisée dès 1800 à Paris par Robertson dont la formule chimique fut précisée par les travaux théoriques de Dalton (1803) et Avogadro (1811) (OFEV, 2006).

#### 1.1.2 Cycle de l'eau

À partir du moment où l'eau est apparue, elle n'a cessé d'être en mouvement et son volume total est demeuré relativement constant. En effet, la quantité initiale d'eau n'a guère augmenté, ni diminué avec le temps. Les mêmes molécules sont continuellement passées des océans et de la surface du sol à l'atmosphère par évaporation, sont tombées sur le sol sous forme de précipitations et sont retournées à la mer par les cours d'eau et les eaux souterraines. Cette circulation incessante s'appelle le « cycle hydrologique » (BOUKADOUM, 2011).

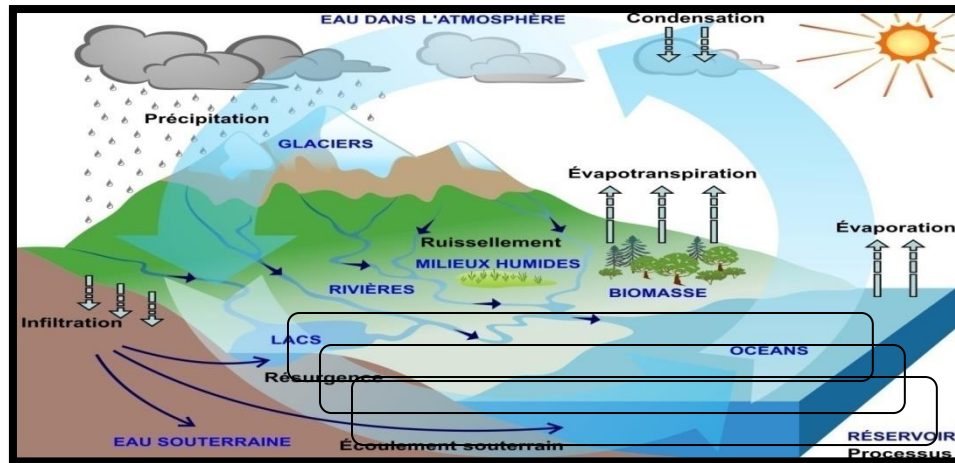


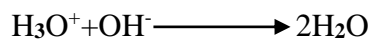
Figure 1-1: Le cycle hydrologique (DERMOUCHE.F, 2007).

## 1.1.3 Propriétés de l'eau

### 1.1.3.1 Propriétés physiques de l'eau

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau, il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement, telle que :

- A. La température d'ébullition** : anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100 °C.
- B. La masse volumique** : elle varie avec la température et la pression mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1 g/cm<sup>3</sup>.
- C. La viscosité** : elle diminue lorsque la température croît, par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures.
- D. La conductivité électrique** : l'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible, mais jamais nulle est expliquée par une légère dissolution de la molécule d'eau selon l'équation chimique :



### 1.1.3.2 Propriétés chimiques de l'eau

L'eau est par ses propriétés électriques et sa constitution moléculaire, partiellement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides. La solvation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps a

dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi de nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique (une solvation complète est une dissolution).

La dissolution des corps minéraux engendre une ionisation, c'est-à-dire la dissociation des molécules formant le cristal minérale, avec apparition d'ion chargés électriquement et dotés d'une certaine mobilité solution (BOUKADOUM, 2011).

### 1.1.3.3 Propriétés biologiques de l'eau

L'eau est indispensable à la vie de toute cellule, animale ou végétale. Elle constitue l'environnement à l'intérieur duquel vivent tous les organismes car l'eau est indispensable à la conservation de toutes les propriétés de la matière vivantes. Il suffit, en générale que l'eau contenue dans les cellules baisse de 20% pour que celle-ci meurent. Un adulte de 70 kg contient à peu près 45 kg d'eau. Cette proportion peut varier selon les différents organes.

Ainsi, le tissu osseux ne contient que 25% de son poids en eau, la peau en contient 66% et le sang jusqu'à 80%. Etrangement, le tissu du cerveau est l'un des plus riche en eau : 78% cette eau circule et permet les échanges (BOUKADOUM, 2011).

### 1.1.4 Pollution de l'eau

La pollution est l'introduction ou la présence d'un altéragène dans un milieu y compris le milieu aquatique et le résultat de son action. Cette pollution est essentiellement attribuée aux activités humaines, mais quand on analyse les différentes pollutions produites, on s'aperçoit qu'en dehors de l'homme qui est au centre de cette responsabilité, il y a des causes naturelles (les volcans, les orages, les tremblements de terre, etc.). Plusieurs définitions ont été proposées pour le terme « pollution ».

#### 1.1.4.1 Définition

La pollution marine a été définie par la Commission Océanographique Internationale de l'UNESCO comme étant :

*“...l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin pouvant entraîner des effets délétères, tels que dommages aux ressources biologiques, dangers pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, y compris les pêcheries, détérioration des qualités de l'eau de mer pour son utilisation et réduction des possibilités dans le domaine des loisirs.”*

**Selon la loi n° 03– 10 du journal officiel algérien n°43 du 19 juillet 2003 sur la protection de l'environnement :** La pollution des eaux est :

*« l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux ».*

### 1.1.4.2 Types de pollution

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Les origines sont multiples : Les villes, Les industries, L'agriculture, les décharges de déchets domestiques et industriels.

Elle se manifeste par la présence de produits toxiques provenant des activités industrielles ou agricoles, la présence de bactéries provenant des foyers domestiques ou d'élevages.

Il existe différents types de pollution des eaux qui proviennent des activités humaines, mais également de l'atmosphère et de phénomènes naturels. Les pollutions organiques et micro biologiques, la pollution par le pétrole, les pesticides, les métaux, les acides, la radioactivité, les nitrates, le phosphate, etc.

#### 1.1.4.2.1 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.

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

A- Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..).

B- Minérales (métaux lourds, cyanure, phosphore...). (MOHAMED BEN ALLR, 2014).

#### 1.1.4.2.2 Pollution biologique

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 2003)**.

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 **(MOHAMED BEN ALI.R, 2014)**.

### **1.1.4.2.3 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)**.

#### **A. Pollution mécanique**

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

#### **B. 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.

#### **C. 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.

Tableau 1-1: Tableau récapitulatif de type, nature et source de pollution (MOHAMED BEN ALI.R, 2014).

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

## 1.1.5 Les origines de pollution

La pollution générée par des effluents pouvant contaminés le milieu aquatique, peuvent être de multitudes origines : domestiques, agricoles et industrielles.

### 1.1.5.1 Effluents domestiques

Les eaux usées domestiques proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en :

- Eaux ménagères : elles sont pour origine les salles de bain et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisse, de solvants, de débris organiques, etc.
- Eaux vannes : elles sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux, constituant un substrat équilibré pour le développement des bactéries.

## 1.1.5.2 Effluents agricoles

La production agricole utilise des fertilisants pour renouveler les nutriments des sols et des produits phytosanitaires pour défendre les cultures contre les plantes sauvages concurrentes, les parasites et les maladies.

Ces produits, même utilisés de manière raisonnée, sont entraînés par les eaux de ruissellement et d'infiltration jusqu'aux rivières ou aux nappes d'eau souterraines avec pour conséquence :

- L'eutrophisation des rivières pour l'azote et le phosphore;
- La réduction de la richesse biologique des cours d'eau (disparition des espèces sensibles).
- La pollution des captages d'eau potables, les rendant impropre à la consommation humaine ou nécessitant la mise en place de traitement coûteux

Le risque de pollution varie toutefois fortement selon les pratiques et il est possible de jouer, notamment, sur la dose de traitements ou de fertilisation, la date d'épandage, le choix du moment du traitement par rapport aux conditions climatiques, pour réduire l'impact de l'activité agricole sur l'environnement (**BOUKHADOUM 2011**).

## 1.1.5.3 Effluents industriels

Définition d'un effluent liquide industriel selon le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique (**JORAD**).

L'article 2 du décret exécutif n° 06-141- du 19 Avril 2006 définit les effluents liquides industriels comme suit :

*« On entend par rejet d'effluents liquides industriels tout diversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle ».*

### 1.1.5.3.1 Risques engendrés par les effluents liquides industriels

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel. Elle peut être liée à un événement naturel telle une inondation ou une éruption volcanique. Cette pollution peut affecter l'homme directement, dans sa santé ou sans environnement proche. Elle peut aussi l'affecter indirectement à travers la chaîne alimentaire ou l'environnement plus lointain.

**A. Effets directs :** sur la santé humaine peuvent être dus à la toxicité élevée de polluants déversés dans des milieux aquatiques sensibles (ressources d'alimentation en eau potable, eaux de baignades) c'est le cas de certains métaux (mercure, chrome, plomb, cadmium, nickel), des nitrates et des pesticides (**BOUKADOUM, 2011**).

**B. Effets indirecte :** sur la santé humaine sont liés a la contamination des milieux aquatiques par des polluants peu biodégradable qui peuvent se stocker dans certains compartiments des écosystèmes (sédiments, matière en suspension) et surtout se concentrer ensuite dans les organismes vivants tout au long de la chaine alimentaire. On retrouve les pollutions métalliques, les produits phytosanitaires, les hydrocarbures aromatiques polycycliques(HAP). Ces phénomènes s’observent pour des pollutions à faible dose se développant sur des durées importantes ou se cumulant sur des bassins importants.

Enfin les pollutions des milieux aquatiques peuvent avoir des conséquences sur la qualité écologique des milieux eux-mêmes :

- Par asphyxie due à une turbidité élevée ou à la consommation de l’oxygène dissous par une charge excessive de pollution biodégradable ;
- Par eutrophisation due à un excès de nutriments (pollution azotées ou phosphorées).
- Par toxicité directe pour la faune ou la flore des milieux (nitrites, ammoniacque, insecticides, hydrocarbures, rejets acides ou basiques) (BOUKADOUM, 2011).

### 1.1.5.3.2 Les eaux résiduaire industrielles

Les eaux résiduaires industrielles sont les déchets liquides résultant, selon les activités exercées, de l’extraction ou la transformation de la matière premières en produits industriels (produit primaires), de la transformation éventuelle de ces produits primaires (produits dérivés), ainsi que l’utilisation des produits primaires ou dérivés pour la fabrication de biens de consommation. Tant au point de vue de leur volume qu’a celui de leur composition, et contrairement aux eaux résiduaires domestiques, les caractéristiques des eaux résiduaires industrielles sont variables pour chaque branche industrielle, voire pour chaque établissement d’une même branche.

L’industrie rejette bon nombre de substances qui vont polluer les rivières et les nappes, parfois même d’une manière d’autant plus pernicieuse que l’on n’en connait pas les effets à long terme. On distingue selon leur caractère :

- Eaux a caractère minérales dominant : ce sont les eaux provenant des carrières (sidérurgie), les mines et de toute activités d’extraction de minerais « industrie chimie minérale ».
- Eaux à caractère organique dominant : ce sont les eaux provenant des usines, les résidus industriels alimentaires tels que les literais, qui contiennent des graisses, des protéines, des glucides.

- Eaux a caractère mixte : contienne un ou plusieurs constituants biodégradable, mais aussi d'autre constituants provenant des raffineries, des usine pétrochimiques, des papeterie en plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures dissous émulsionnés ou sous forme de films superficiels, des tensioactifs, des phénols (**MOHAMED BEN ALI.R, 2014**).

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.

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 (**MOHAMED BEN ALI.R, 2014**).

### 1.1.6 Paramètres de mesure de la pollution

L'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.

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.

#### 1.1.6.1 Paramètres organoleptiques

##### 1- Couleur

La couleur des rejets 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, 2006 ; BOTTA et al., 2001**).

## 2- Odeur

Les rejets 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 et al, 2001**).

### 1.1.6.2 Paramètres physiques

#### 1.1.6.2.1 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 en 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, 2009**). Les températures relativement élevées agissent comme pollutions additionnelles ayant ainsi des répercussions sur les cycles biologiques (**GUEDDAH, 2003**).

#### 1.1.6.2.2 Potentiel hydrogène

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, 2009**).

#### 1.1.6.2.3 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, 2009).

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

### 1.1.6.2.4 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.

### 1.1.6.2.5 L'Oxygène dissous

Gouvernant la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques, l'oxygène dissous 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 dissous 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.

### 1.1.6.2.6 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 rejets. 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).

## 1.1.6.2.7 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).

## 1.1.6.3 Paramètres chimiques

### 1.1.6.3.1 Demande chimique en Oxygène

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 2 heures (MEKHALIF, 2009).

### 1.1.6.3.2 Demande biologique en Oxygène

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 eau résiduaire industrielle 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/DBOs est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport est inférieur à 2,5 (MIZI, 2006 ; RODIER et al., 1996 ;CORDONNIER, 1991).

### 1.1.6.3.3 Carbone total organique

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 CO<sub>2</sub> à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon (MIZI, 2006 ; MECHATI, 2006).

## 1.1.6.3.4 Azote total

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 ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) (MIZI, 2006 ; EMILIAN, 2004).

## 1.1.6.4 Autres paramètres

### 1.1.6.4.1 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 (MEKHALIF.F, 2009).

### 1.1.6.4.2 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 les métaux lourds et métalloïdes (Cd, Pb, Cr, Cu, ...Hg) (MEKHALIF.F, 2009).

## 1.2 Pétrole 'Hydrocarbures'

Le mot « Pétrole » est issu des deux mots latins « Petra » et « oléum » et signifié « huile de pierre » ; dès l'antiquité il pouvait être utilisé comme revêtement étanche, médicament miracle ou arme de guerre. Le pétrole est repéré la première fois au Moyen-Orient à la surface de la terre. Dès 1852 Croissance de l'utilisation du pétrole avec la découverte du Kérosène ou « pétrole lampant » et l'utilisation de ce dernier pour l'éclairage. En 1859 forage du premier puits destiné à la production de pétrole par le « Colonel Drake » dans l'état de Pennsylvanie en USA. Dès les années 1950 le pétrole constitue la première source d'énergie dans le monde.

### 1.2.1 Les hydrocarbures et produits dérivés

Les hydrocarbures sont des substances constituées exclusivement de carbone et d'hydrogène. On inclura toutefois dans ce groupe, des substances dérivées dont la structure chimique, la nomenclature et le comportement, peuvent être assimilés à ceux d'un hydrocarbure . La composition de ces produits pétroliers dépendra à la fois, de leur origine et du type de traitement qu'ils auront subi. Les hydrocarbures présentent une grande importance

commerciale : nous les utilisons comme carburants, comme combustibles, comme huiles lubrifiantes, et comme produits de base en synthèse pétrochimique (DALEMONT, 1998).

Voir (Figure 2)

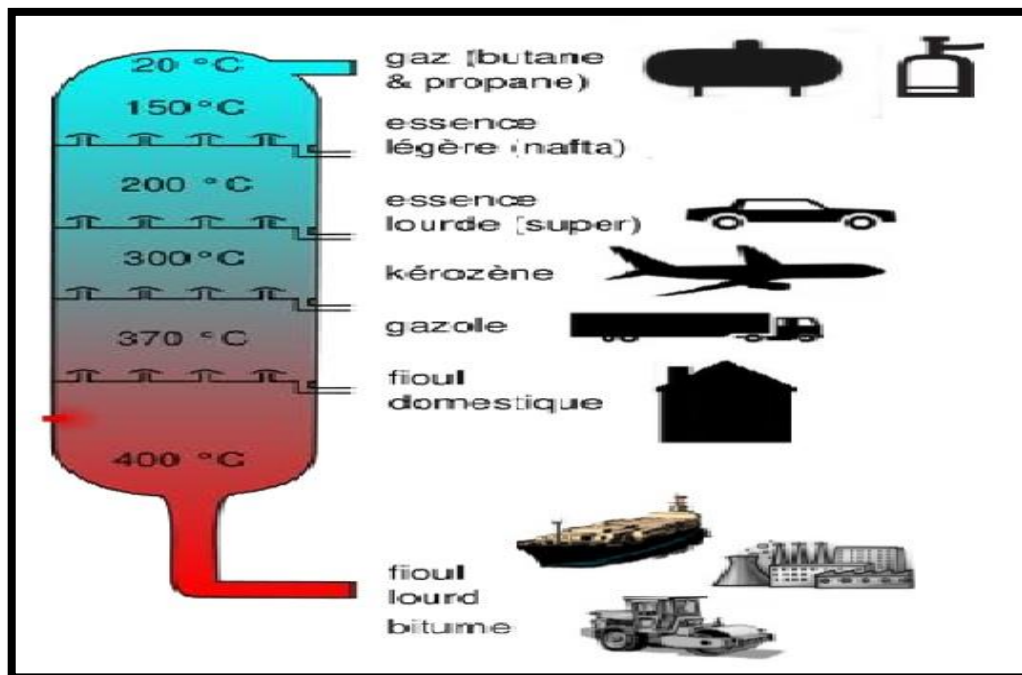


Figure 1-2: Image représentant les dérivés issus du pétrole (DERMOUCHE, 2007).

## 1.2.2 Les hydrocarbures en Algérie

Après l'indépendance, a très tôt compris que l'accès à l'énergie est une voie essentielle menant au développement économique, social et politique. C'est dans cette perspective qu'au lendemain de son indépendance, l'Algérie a créé, le **31 Décembre 1963**, Sonatrach, la « Société nationale de transport et de la commercialisation des hydrocarbures ». La nationalisation des hydrocarbures décidée par l'Algérie en Février 1971 place la compagnie nationale des hydrocarbures dans une nouvelle dynamique.

Une planification de plus en plus rigoureuse est mise en place, les objectifs de Sonatrach étaient alors l'extension de toutes ses activités à l'ensemble des installations gazières et pétrolières et l'atteinte de la maîtrise de toute la chaîne des hydrocarbures. Grâce à des investissements massifs, l'Algérie est devenue un grand pays pétrolier exportateur par le biais des entreprises de gestion des zones industrielles à Arzew, Skikda, Hassi R'mel et Hassi Messaoud.

Sonatrach a consenti des efforts considérables : en exploration, développement et exploitation de gisements, en infrastructures d'acheminement des hydrocarbures (gazoducs et stations de compression), en usines de liquéfaction de gaz naturel et de raffinerie. Depuis l'an 2000,

plusieurs projets ont été lancés, dans le processus de développement des performances, l'internationalisation, le développement de la pétrochimie et la diversification totale de domaine d'hydrocarbure.

Sonatrach est aujourd'hui devenu un puissant élément d'intégration nationale, de stabilité et de développement économique et social.

La figure (Figure 3) représente le taux de production et exportation des hydrocarbures, où on remarque un taux très élevé et concentré vers la région de l'Est algérien avec 44.58%.

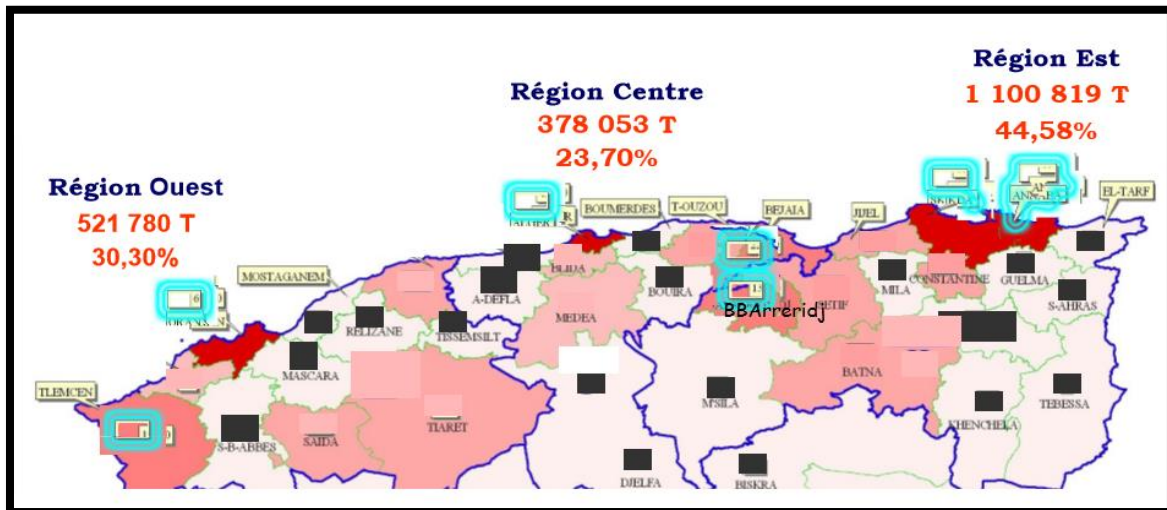


Figure 1-3: Image représentant le taux de production des hydrocarbures en Algérie (DERMOUCHE.F, 2007).

## 1.3 Réglementations

### 1.3.1 Textes législatifs et réglementations Algériennes

Les textes législatifs et réglementaires en matière de traitement d'eau, à l'image des techniques dont ils sont pour effet d'orienter l'emploi, sont en constante évolution dans tous les pays et dans toutes les instances internationales. Leur mise à jour est à refaire constamment (BOUKADOUM, 2011). Les normes de rejets des effluents industriels résultent du décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 de la république algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Tableau 1-2: Les normes de rejets industriels liquides selon le JORAD.

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	"	30	40
Phosphore total	"	10	15
DCO	"	120	130
DBO <sub>5</sub>	"	35	40
Aluminium	"	3	5
Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
Cyanures	"	0,1	0,15
Fluor et composés	"	15	20
Indice de phénols	"	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	"	10	15
Huiles et graisses	"	20	30
Cadmium	"	0,2	0,25
Cuivre total	"	0,5	1
Mercure total	"	0,01	0,05
Plomb total	"	0,5	0,75
Chrome Total	"	0,5	0,75
Etain total	"	2	2,5
Manganèse	"	1	1,5
Nickel total	"	0,5	0,75
Zinc total	"	3	5
Fer	"	3	5
Composés organiques chlorés	"	30	7

**DEUXIEME PARTIE**

**MATERIELS**

**ET**

**METHODES**

## 2 Matériels et méthodes

### 2.1 Présentation générale du site

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 latitudes  $37^{\circ}1$  N et  $36^{\circ}23$  N et les longitudes  $6^{\circ}12$  E et  $7^{\circ}35$  E. Couvrant une superficie totale de  $4137,68$  Km<sup>2</sup> avec une frange littorale de 142 Km de long, représentant ainsi 12% du littoral Algérien.

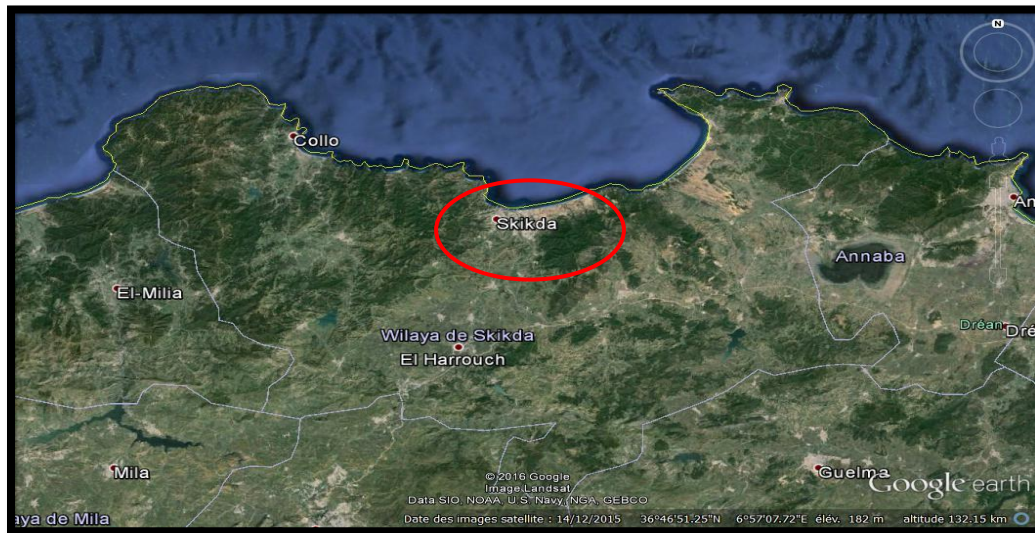


Figure 2-1: Image satellitaire de la wilaya de Skikda (Google EARTH, 2016)

#### 2.1.1 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).

#### 2.1.2 Le Réseau hydrographique de la région de Skikda

La wilaya de Skikda est traversée par trois principaux cours d'eau à savoir : Oued El 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 a identifiés les deux bassins hydrographiques suivants :
  - 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 côte Magroun.

### **2.1.3 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).

#### **2.1.3.1 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).

##### **2.1.3.1.1 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. (O.N.M, 2012).

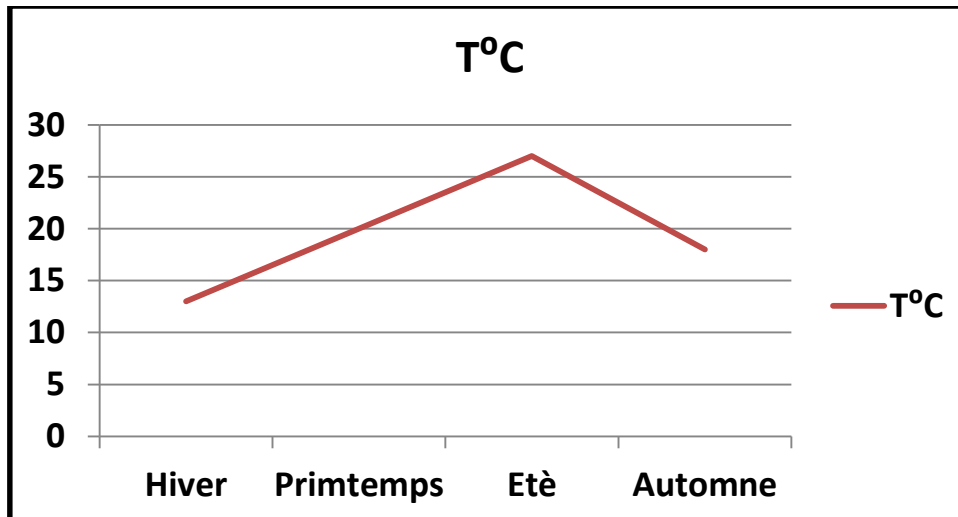


Figure 2-2: Représentation des températures de la région de Skikda (2002-2011), (O.N.M, 2012).

### 2.1.3.2 Diagramme Ombrothermique

Les variations des précipitations (P en mm) et des températures (T en °C) 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.

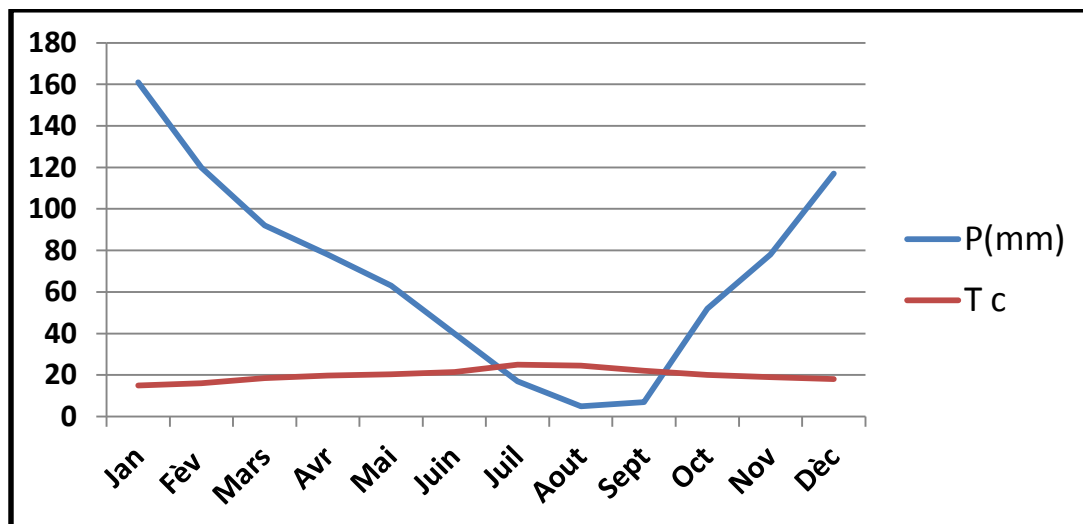


Figure 2-3: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Skikda (2002-2011), (O.N.M, 2012).

## 2.1.3.3 L'humidité

L'humidité relative de la région de Skikda enregistre une valeur très importante durant toute la période qui s'étalent de 2002 à 2011, elle atteint une moyenne de 65.50 % et fluctuant 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.

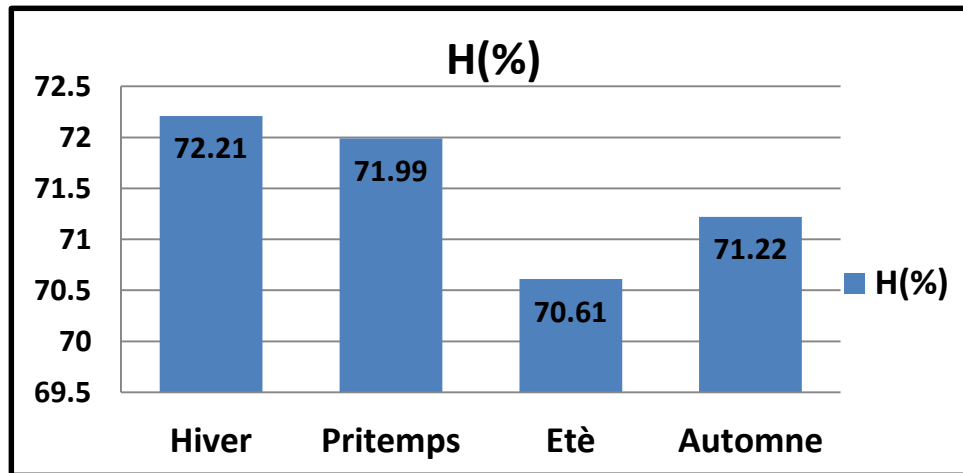


Figure 2-4: Moyennes saisonnières de l'humidité relative de la région de Skikda (2002-2011), (O.N.M, 2012).

## 2.1.3.4 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 (MOHAMED BEN ALI.R, 2014).

## 2.1.4 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.

# Matériels et méthodes

## 2.2 Désignation et présentation du pôle industriel

Notre étude a pour objectif d'identifier et de caractériser la qualité d'effluents dans les stations étudiées de la zone industrielle de Skikda (Figure 8), en se basant sur les analyses des paramètres physico-chimique, DBO<sub>5</sub>, DCO, sels nutritifs, et le dosage des hydrocarbures.

Le pôle industriel Situés à 2 Km de la ville de Skikda, séparés par le Mont Mouadher, mais seulement de 200 mètres des habitants de H-Hamoudi, de Messouna et autres localités le long d'une voie qui les séparent de la zone et qui mène vers Larbi Ben M'hidi, et s'étend sur une superficie de 1270 hectares, dont 388 hectares sont réservés au développement de projets futurs, elle emploie 12000 travailleurs de diverses spécialités dont 8100 personnes relèvent de la Sonatrach, les unités que comprend la zone sont :

- Usine GNL (GL1/K).
- Centre GPL.
- Complexe matières plastiques (CP1/K).
- Gaz industriels (GI).
- Raffinerie (RA1/K).
- Terminaux oléoduc et gazoduc.
- Unité de distribution NAFTAL.
- Direction Régionale Industrielle de Skikda (DRIK).
- Entreprise de maintenance (SOMIK).
- Entreprise d'industrie pétrolière (ENIP).
- Entreprise de production du polyéthylène (Polymed).
- Centrale Electrothermique (CTE).
- Région de transport est (RTE).

## 2.3 Le choix des plateformes étudiées

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

Pour cela nous nous sommes intéressés à trois stations dans la zone industrielle de Skikda à savoir CTE (Centrale Electrothermique), RA1/K (Raffinerie), CP1/K (Complexe matières plastiques). Voir (Figure 8).



Figure 2-5: Image satellitaire de la zone industrielle de Skikda (GOOGLE EARTH, 2016).

### 2.3.1 Centrale thermoélectrique (CTE)

- Superficie : 9,8 hectares.
- Date de mise en service : 1975.
- Activité : production d'électricité.
- Matières premières :
  - Gaz naturel.
  - Eau.
- Eaux industrielles : consommation de 180000 m<sup>3</sup>/an.
- Station de traitement : absente.



Figure 2-6 : Image satellitaire de la centrale thermoélectrique (CTE) (GOOGLE EARTH, 2016).

## 2.3.2 Le complexe des matières plastiques (CP1/K)

- Superficie : S'étend sur 54 hectares. 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.

## Matériels et méthodes

- Eaux industrielles :
  - Eaux de procès : 244480,8 m<sup>3</sup>/J
  - Eaux de refroidissement : 157800 m<sup>3</sup>/J
- Station de traitement : présente et inefficace.

Possédant une sous station de traitement des eaux, chaque unité du CP1/K procède à un prétraitement 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.



Figure 2-7: Image satellitaire du complexe des matières plastiques CP1/K (GOOGLE EARTH, 2016).

### 2.3.3 Le complexe de Raffinage du Pétrole (RA1/K)

- Superficie : 172,2 hectares, 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 prétraitement et de reforming catalytique (magnaforming).
  - Une unité de prétraitement 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.

## Matériels et méthodes

- Une unité de bitumes.
  - Un parc de stockage (2 600 000 m<sup>3</sup> de capacité).
  - Une centrale thermoélectrique et utilités.
- Eaux industrielles :
- Eaux de procès : 5712 m<sup>3</sup>/J.
  - Eaux de refroidissement : 336000 m<sup>3</sup>/J.
- Station de traitement : station de traitement présente.
- Toutes les eaux de procès 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**).

Son activité principale est de:

- ✓ Raffiner le pétrole brut de Hassi-Messoud.
- ✓ Traiter du Naphta pour la production des essences et des aromatiques.
- ✓ Continuer à assurer la couverture des besoins du marché national en produits raffinés sur le plan quantitatif et qualitatif (20%), le reste étant destiné à l'exportation.
- ✓ Traiter du brut réduit importé pour la production des bitumes routiers et oxydés.

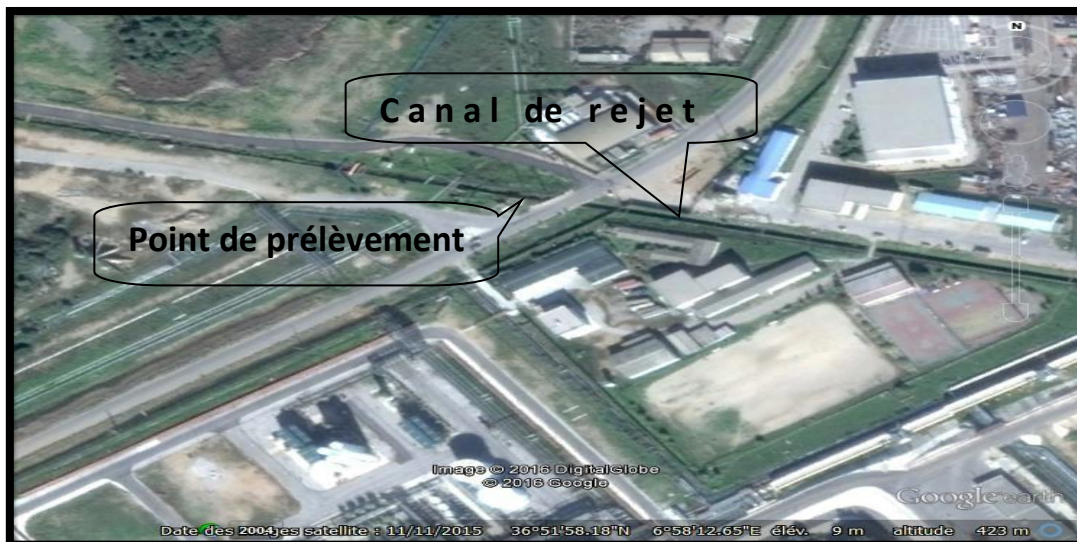


Figure 2-8: Image satellitaire du complexe de Raffinage du Pétrole RA1/K (**GOOGLE EARTH, 2016**).

## 2.4 La méthodologie d'échantillonnage

### 2.4.1 Technique de prélèvement et de conservation

L'échantillonnage a été réalisé comme suit :

-Les prélèvements sont instantanés et concernent chaque fois un litre d'eau repartis 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 ou 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 III**).

## Matériels et méthodes

Tableau 2-1: Conservation des prélèvements selon les normes **NF EN ISO (5667-3, 5667-1) (2004,2007). (Rodier, 2009).**

<b>Caractéristiques ou éléments analysés</b>	Réceptif	Technique de conservation	Volume minimum du prélèvement (en ml)	Température de conservation en °C.	Effectuer la mesure avant
<b>Chlorures</b>	P ou V	0	100	–	1 mois
<b>Conductivité</b>	P ou Vb	Mesure <i>in situ</i> de préférence	100	4	24 heures (obsc.)
<b>DBO<sub>5</sub></b>	P ou V	Remplir Complètement	1000	4	24 heures (obsc.)
<b>DCO</b>	P ou V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	100	4	1 mois
<b>Dureté totale (TDS)</b>	P ou V	Acide nitrique q.s.p. pH < 2	100	–	1 mois
<b>Hydrocarbures</b>	V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2 (ne pas remplir complément	1000	4	1 mois

## Matériels et méthodes

		le flacon)			
<b>Fer</b>	P	Acide nitrique q.s.p. pH < 2	100 à 500	–	1 mois
<b>Cr VI</b>	P	–	100	4	24 heures
<b>Matières en suspension</b>	P ou V	0	500	4	48 heures (obsc.)
<b>Oxygène dissous (O<sub>2</sub>mg/l)</b>	Vb	Mesure <i>in situ</i>  de préférence	300	4	24 heures (obsc.)
<b>pH</b>	P ou V	Mesure <i>in situ</i>  de préférence	100	4	6 h (obsc.)
<b>Turbidité</b>	P ou V	0	100	4	24 h (obsc.)
<b>Salinité</b>	–	Mesure <i>in situ</i>  de préférence	100	–	–
<b>Température</b>	–	Mesure <i>in situ</i>  de préférence			Instantané- ment
<b>P : Polyéthylène ; V : Verre ; Vb : verre borosilicaté ; obs. : obscurité</b>					

### 2.4.2 Méthodes d'analyses des échantillons

Tout les prélèvements ayant trait aux méthodes d'analyses ; physico-chimique, chimique, physique..., ont fait l'objet de deux groupes d'analyses (in-situ et au laboratoire).

La connaissance de certains paramètres organoleptiques et 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 prélevée par station. Ils ont été déterminés par des méthodes standardisées selon le guide général pour la conservation et la manipulation.

Ces caractéristiques ou variables se divisent en deux groupes :

# Matériels et méthodes

## 2.4.2.1 Les variables mesurées in situ

Le premier groupe est constitué des variables mesurées in situ :

### Dosage des paramètres physicochimiques

Pour les mesures des paramètres physico-chimiques, le multi paramètres 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 soient erronés, les sondes sont rincées à l'eau distillée puis tamponnées avec du papier absorbant après chaque mesure et pour chaque échantillon.

#### 2.4.2.1.1 Le potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel Hydrogène (pH), mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type **HANNA Hi 9811-5**.

#### 2.4.2.1.2 L'oxygène dissous (O.D)

L'oxygène dissous en pourcentage (O<sub>2</sub> %). Mesurée à l'aide d'un oxymètre de type **HANNA Hi2400**, instruments Logging Do.

#### 2.4.2.1.3 La turbidité (TUR)

La turbidité en unité NTU mesurée à l'aide d'un turbidimètre Eutech instruments **TN-100 (JENWAY réf 6035) (AFNOR, 1979)**.

#### 2.4.2.1.4 Autres paramètres

Autres paramètres ont été mesurés à l'aide de sondes de terrains **Tetra con 325, WTW type cond197i (AFNOR, 1971)**.

-**Température** : (T°) en degré Celsius (°C).

-**Salinité** : (S) en degré par mille (S‰).

-**La conductivité électrique** : (Cond) en (µs/cm).

-**Le taux des sels dissous** ou taux de solides dissous (durté) : (TDS) : en (mg/l).

## 2.4.2.2 Les variables mesurées au laboratoire

Le deuxième groupe de variables mesurés au laboratoire comprend :

# Matériels et méthodes

## 2.4.2.2.1 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La demande biochimique en oxygène en mg/l (DBO<sub>5</sub>) obtenue au moyen de dispositif WTW appareil de mesure manométrique de la DBO<sub>5</sub> : *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<sub>5</sub>) suivant la méthode d'auto vérification.

### a. Principe de mesure

La mesure de la DBO<sub>5</sub> 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.

## 2.4.2.2.2 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène en mg/l (DCO) obtenue par méthode volumétrique, après titrage aux permanganates de potassium (KMnO<sub>4</sub> à N/40) (ASTM, 1974).

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

## 2.4.2.2.3 Dosage des hydrocarbures

Les hydrocarbures totaux en mg/l (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) au moyen du dispositif (appareil de mesure) HORIBA OCMA-310, (ISO). (Annexe 4).

### Principe de mesure

Extraction par solvant, et analyse par absorption dans l'infrarouge entre 3,4 µm et 3,5 µm. Extracteur incorporé pour échantillon aqueux.

## 2.4.2.2.4 Mesure de la matière en suspension (MES)

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 (1 litre) sur un filtre en fibre de verre (GF/F) qui présentent une porosité de 0.45 µm. Le filtre est ensuite séché à 105°C pendant une heure, puis laisser refroidir au dessiccateur et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée à l'aide d'une balance à précision.

$$\text{MES (mg/l)} = (M' - M) / V$$

Avec :

M : Poids du filtre vide

M' : Poids du filtre après filtration

V : Volume de l'échantillon filtré (1 L)

## Matériels et méthodes

### 2.4.2.2.5 Mesure des Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Test en tube sulfates (kit) par spectrophotomètre UV de marque **MERCK** type **PHARO 300**.

#### Principe de mesure

Les ions du sulfate de baryum sont difficilement solubles. Le trouble ainsi formé est dosé à l'aide d'un photomètre (méthode turbidimétrique). La méthode est analogue à EPA 375.4 et US standard methods 4500-SO<sub>4</sub> E.

### 2.4.2.2.6 Mesure des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Test en tube Nitrites (kit) par spectrophotomètre UV de marque **MERCK** type **PHARO 300**.

#### Principe de mesure

Dans un acide les ions nitrites forment avec le fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) éthylène diammonium sulfate qui est dosé par photométrie.

### 2.4.2.2.7 Mesure des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Test en tube nitrates (kit) par spectrophotomètre UV de marque **MERCK** type **PHARO 300**.

#### Principe de mesure

Dans l'acide sulfurique les ions nitrates forment avec un dérivé de l'acide benzoïque un composé nitré rouge qui est dosé par photométrie.

### 2.4.2.2.8 Mesure des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Test en tube phosphates total (kit) par spectrophotomètre UV de marque **MERCK** type **PHARO 300**.

## 2.5 Méthodes d'analyse statistique

Les mesures sont faites sur un total de 177 échantillons répartis sur trois stations : de raffinage du pétrole (RA1/K), complexe pétrochimique (CP1/K) et la centrale thermoélectrique (CTE) sur un ensemble de 15 variables traitant la qualité des effluents en milieu côtier (Tableau V).

Les critères pris en considération sont : la grandeur et l'importance des paramètres physico-chimique, DBO<sub>5</sub>, DCO, les sels nutritifs et le dosage des hydrocarbures (les paramètres mesurant la qualité de l'environnement), qui sont des indicateurs potentiels de la pollution marine.

Vu l'amplitude et la complexité du travail les informations issues des analyses réalisées auprès des stations CTE, RA1/K et CP1/K ont permis d'élaborer une matrice structurelle et de regrouper les stations en types représentatifs de la qualité physico-chimique observée (15 variables). Celle-ci permet de comparer les variables choisis et les stations entre elles et par conséquent de cerner leur degré de pollution.

## 2.5.1 Stratégie d'échantillonnage et prélèvement

### 2.5.1.1 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 (**JORAD, 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 industrielle de Skikda et de la nature complexe des eaux rejetées, nous avons opté au départ pour un échantillonnage aléatoire, simple et indépendant des trois stations (CTE, RA1/K, CP1/K) ; puis on a systématiquement prélevés chaque mois quatre échantillons par station et ceci durant presque six ans consécutifs soit de juillet 2010 jusqu'à Mars 2016.

### 2.5.1.2 Choix des points de prélèvement pour les sites étudiés

Au cours de l'échantillonnage, il a été tenu compte des difficultés d'accès et de prélever à ces trois sites de prélèvements privilégiés, 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.



Figure 2-9: Image satellitaire présentant les stations de prélèvement (GOOGLE EARTH, 2016).

# Matériels et méthodes

## 2.5.2 Matériel de prélèvements

Le matériel analysé est constitué de 177 spécimens d'eau dont 63 Station CP1/K et 67 Station RA1/K et 47 Station CTE (Les données relatives à la taille des échantillons et aux sites d'échantillonnage sont consignées dans le tableau (Tableau V)).

Tableau 2-2 : Données relatives aux sites d'échantillonnage des stations étudiées, taille des échantillons.

Station	Cordonnées géographiques	Nombre d'échantillons	Totale à analyser
CP1/K	6,951 °E/36,881 °N	63	63
RA1/K	6,962 °E/36,867 °N	67	67
CTE	6,934 °E/36,876 °N	47	47
<b>TOTAL</b>		<b>177</b>	<b>177</b>

## 2.5.3 Méthodes d'analyse statistique

### 2.5.3.1 Analyse des données

Notre méthodologie d'analyse des données est basée sur l'étude de la qualité des eaux de rejets industrielles à travers les profils physico-chimiques et chimiques dans les stations CTE, RA1/K et CP1/K dans la région de Skikda. Le traitement des données issues des analyses effectués au niveau du laboratoire de la division de la Force d'Intervention et de Réserve (FIR, SONATRACH).

L'hypothèse de départ suppose que les stations sont toutes semblables. Pour confirmer ou infirmer cette hypothèse, nous procédons par une analyse individuelle des caractères quantitatifs et qualitatifs, puis montrer les interactions éventuelles existantes entre ces différents caractères.

### 2.5.3.2 Caractères étudiés

L'étude systématique est basée sur l'analyse de divers caractères ou variables prélevés sur des stations individuelles et regroupés.

#### 2.5.3.2.1 Choix des caractères

Le choix des caractères a été fait selon les critères utilisés dans les travaux antérieurs sur la qualité des eaux rejetés dans le milieu marin, Ce sont :

1. la stabilité des caractères au sein des études antérieures.

## Matériels et méthodes

2. la pertinence des descripteurs dans la discrimination des analyses les unes des autres.
3. l'existence des caractères sur les échantillons à classer et à identifier.
4. la comparabilité des attributs avec les descriptions antérieures faites par d'autres auteurs.

En plus de ces quatre critères, les conditions complémentaires suivantes ont été définies dans la sélection des caractères :

- Ils doivent être observables et enregistrables avec des instruments.
- Ils doivent avoir peu de variations intraspécifiques.

### 2.5.3.2.2 Types de caractères

Les caractères choisis pour l'étude des échantillons sont de deux types : quantitatifs, et qualitatifs. Les caractères quantitatifs sont de deux types : continus et discrets. Les caractères continus ou numériques concernent les différentes mesures effectuées sur les échantillons. Les caractères quantitatifs discrets définissent la mesure de certains paramètres des échantillons tel que la température, le potentiel hydrogène, la salinité, la conductivité, l'oxygène dissous, la turbidité, etc. Les caractères qualitatifs représentent les attributs RA1/K, CTE et CP1/K (les stations). Les données géographiques concernent les coordonnées des sites et les localités d'échantillonnage (S1, S2, S3). Les échantillons récoltés dans chacune de ces localités peuvent présenter des caractères spécifiques propres.

### 2.5.3.2.3 Caractères harmonisés

Les mesures prises à partir des échantillons dans la présente étude sont faites selon les six conditions ; les mesures doivent être logiques, se rapporter à un problème bien précis et bien défini, adéquates, bien délimitées, standardisées et comparables. En outre, la technique de mesure pour la séparation des stations.

### 2.5.4 Analyses statistiques

La méthode de l'échantillon-sans-dimension exige que le relevé des paramètres qualitatifs et quantitatifs, ou autres soit fait sur un grand nombre d'échantillons des prélèvements étudiés. Plusieurs comparaisons sont d'abord faites entre les relevés. Les différences entre eux « point par point » et « caractère par caractère » sont notées. Ensuite, des groupes-échantillons sont constitués et les variations intra et interspécifiques sont mises en évidence. Enfin, un outil mathématique est choisi pour synthétiser l'information afin d'obtenir une meilleure représentation des résultats et surtout de les confirmer.

Cette démarche facilite la prise de décision définitive sur la classification ou l'identification des échantillons présentant des caractères polluants. Ainsi, plusieurs types d'analyses

## Matériels et méthodes

statistiques ont été utilisés. Il s'agit des statistiques univariées et multivariées. Les données qualitatives et quantitatives ont été traitées séparément parce que ces deux types de variables sont différents statistiquement (**IHSSEN et al., 1981**). Les caractères quantitatifs sont continus et plus modifiables par l'environnement alors que les descripteurs qualitatifs sont discrets et fixes au dernier stade qualifiant le degré de pollution.

### 2.5.4.1 Statistiques univariées

L'analyse uni-variée nous permet de déterminer la qualité de l'expérimentation caractère par caractère. De plus, nous étudierons les groupements et les dispersions des échantillons choisis. En premier lieu, nous faisons l'indice de représentativité de la valeur globale ; par la suite, pour l'analyse des variables quantitatives, nous avons utilisé la moyenne des variables par stations et par chaque caractère mesurable vu le nombre assez élevé des observations (au nombre de 63 pour CP1/K, 67 pour RA1/K et 47 pour CTE) pour un total de 15 variables pour 177 échantillons pour le cas étudiés d'une part, et d'autre part, notre analyse sert à vérifier l'hypothèse de la ressemblance des échantillons (stations) et non pas des localités, et dates.

Elles ont concerné la statistique descriptive, les tests statistiques tels que le test de Student pour variables indépendantes, l'analyse de variance (ANOVA) à un facteur ainsi que le test de proportion de Khi-deux de Pearson.

Au niveau de la statistique descriptive, les paramètres de tendance centrale tels que la moyenne et la médiane ont été calculés pour chaque échantillon. En outre, les paramètres de dispersion tels que l'erreur type sur la moyenne, l'écart type, l'étendue (minimum-maximum) et le coefficient de variation ont été déterminés.

Ces statistiques ont permis de décrire et de faire ressortir les limites de variation des caractères. Par ailleurs, elles sont indispensables pour la détermination des variations inter et intra spécifiques. A l'exception du coefficient de variation (CV), toutes les statistiques ont été obtenues à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1. Ce coefficient se calcule selon la relation 1 ZAR.

### Tableau des données

Par définition dans le tableau des données brutes, nous désignons par **I**, l'ensemble des lignes ou des observations et par **J**, l'ensemble des colonnes ou des variables. Chaque observation **i** est représentée par une variable **j** dans le tableau des données brutes formant ainsi un ensemble de valeurs **X<sub>ij</sub>**.

## Les identificateurs

Certaines informations ont pour but d'identifier les stations et ne doivent pas être considérées comme des descripteurs puisqu'elles ne rentrent dans aucune analyse, mais elles servent à l'interprétation des résultats statistiques.

### 2.5.4.1.1 Analyse de la Variance ANOVA

L'Analyse de la variance et l'analyse factorielle sont des techniques permettant de savoir si une ou plusieurs variables **dépendantes (variables à expliquer)** sont en relation avec un ou plusieurs variables dites **indépendantes (variables explicatives)**. Sur l'ensemble des variables quantitatives nous devons déterminer s'il existe une différence significative entre les échantillons prélevés par leur emplacement (stations), par les types qui constituent échantillons existantes dans la station c'est-à-dire l'influence du milieu, des localités et les différents paramètres sur ces variables quantitatives.

Nous sommes dans un cas d'ANOVA à un facteur (stations) non équilibré puisque le nombre de répétitions n'est pas le même pour les différentes stations.

### Tableau des données

Le tableau des données est le tableau des caractères quantitatifs formé en colonnes par l'ensemble des variables quantitatives et en lignes par l'ensemble des échantillons pour l'ensemble des dates et stations sachant que le nombre des échantillons par stations n'est pas le même (facteurs non équilibrés).

### 2.5.4.1.2 Le test de Newman-Keuls

Le test de Newman-Keuls est une méthode de comparaison multiple qui permet de comparer toutes les paires de moyennes en contrôlant le risque alpha global, à un niveau défini.

C'est une procédure par étape qui se repose sur une studentized range distribution. Bien qu'elle ne fournisse pas d'estimation de l'intervalle de différence entre chaque paire de moyenne ; elle indique quelles moyennes sont significativement différentes des autres par une classification en sous ensembles homogènes.

### 2.5.4.2 Statistiques multivariées

Contrairement aux statistiques univariées qui ne traitent qu'une ou deux variables à la fois, les méthodes d'analyses multidimensionnelles s'intéressent à l'ensemble des caractères (**SAPROTA, 1992**). Deux techniques multivariées ont été utilisées : l'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'analyse factorielle discriminante suivie du test de validation croisée et l'Analyse de Classification Hiérarchique (CAH). la première analyse

## Matériels et méthodes

citées (ACP) permettent de faire une bonne synthèse de l'information contenue dans les variables étudiées en réduisant les dimensions de la matrice originale tout en minimisant la perte de l'information (BRITO et al., 2006). Elles sont recommandées dans le traitement des données tant méristiques que morphométriques en systématique et largement utilisées dans les travaux de variabilité de la qualité des eaux. Pour toutes ces analyses, à l'exception de l'analyse de classification hiérarchique, tous les caractères mesurés ont été transformés en leur logarithme décimal ( $\log(x+1)$ ) afin de les normaliser, de linéariser les relations exponentielles de type allométrique de croissance et de réduire les différences de variance entre les variables.

L'analyse Multi-variée permet de passer au niveau d'analyse par la confrontation des différentes distributions pour analyser de façon précise les interactions entre les variables sélectionnées et d'essayer de mettre en évidence des combinaisons plus ou moins systématiques de variables et de dégager les composantes qui structurent les échantillons (par station) étudiées. Les méthodes d'étude de l'ensemble des caractères reposent sur les principes de l'analyse statistique multidimensionnelle (BRITO et al., 2006).

### 2.5.4.2.1 Analyse en composantes principales (ACP)

C'est une des techniques les plus classiques de la statistique multivariée. Elle permet d'extraire le maximum d'informations sous une forme simple et cohérente à partir d'un ensemble très élevé de données. Elle sert aussi à mettre en évidence les interrelations entre les variables et les ressemblances et les oppositions entre stations analysées.

Cette analyse a été utilisée pour évaluer la variation quantitative entre les échantillons de rejets d'eaux et identifier les variables susceptibles de contribuer plus à cette variation. Dans cette étude, deux matrices ont été constituées et séparément soumises à l'ACP à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1. La première matrice est composée des caractères mesurés. La seconde est constituée des descripteurs pour les stations dans lesquelles les variables ne nécessitent pas de transformation. Pour l'interprétation des résultats, trois matrices issues de cette analyse sont indispensables : une matrice des valeurs propres, une matrice des saturations, une matrice des coordonnées des objets (ou échantillons).

La matrice des valeurs propres représente les contributions ou les poids des composantes principales dans l'analyse. Aussi, permet-elle de voir la proportion de la variance totale exprimée par chaque axe et celle expliquée par les axes choisis pour les différentes représentations. Ici, tous les axes ayant une valeur propre supérieure ou égale à 1 ont été considérés comme importants. La matrice des saturations ou des coefficients de corrélation

## Matériels et méthodes

indique l'importance des relations liant les axes (nouvelles variables réduites) aux variables originales (paramètres bruts d'origine). Dans cette étude, la corrélation est dite forte entre un descripteur et un axe lorsque le coefficient de corrélation est supérieur ou égal à 0,75. La matrice des coordonnées des spécimens permet de représenter graphiquement les individus dans les plans des composantes principales prises deux à deux. Toute fois, il faut rappeler que cette méthode s'applique à un ensemble de variables quantitatives.

### Tableau des données

Le même tableau utilisé pour l'analyse univariée pour les caractères quantitatifs est utilisé pour l'Analyse en Composantes Principales. Ce tableau est formé des moyennes des valeurs quantitatives pour les paramètres étudiés.

Chaque valeur dans la même ligne correspond à une station sur un total de 63 pour station CP1/K, 67 pour station RA1/K et 47 pour station CTE.

L'ACP nous permet, entre autre, de calculer la matrice de corrélation entre les variables quantitatives. La difficulté de l'ACP se résume dans la détermination du système d'axes de références tels qu'en diminuant le nombre de dimension de l'espace dans lequel nous projetons les points d'observations, la perte de l'information soit minimale.

### 2.5.4.2.2 Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La classification Ascendante Hiérarchique est une des méthodes d'analyse qui consiste à résumer les relations entre stations opérationnelles par une structure simplifiée, à partir de la matrice des correspondances (ALILI, 1988).

L'objectif de l'analyse de classification hiérarchique (ACH) est de rassembler des objets (par exemple des groupes-échantillons ou des stations) dans des classes de plus en plus larges, en utilisant certaines mesures de similarité ou de distance. Les résultats de ce type de classification sont habituellement représentés sous la forme d'un dendrogramme (arbre de classification hiérarchique). Dans cette étude, elle a été utilisée pour rassembler soit les groupes-échantillons, soit les différentes stations selon leurs similarités sur le plan qualité des eaux de rejets.

Pour le rassemblement des groupes-échantillons, l'analyse de classification hiérarchique a été effectuée sur les valeurs moyennes des caractères étudiés.

Au niveau des stations, la distance de Mahalanobis déterminée par l'analyse discriminante a été utilisée comme base tel que recommandé par et (FERRITO *et al.*, 2007).

Dans les deux cas, la méthode de 'Ward' appliquée à la distance euclidienne a été utilisée parce qu'elle met plus l'accent sur les distances inter-échantillons

# Matériels et méthodes

A chaque pas de l'algorithme, elle fusionne les deux classes qui présentent la plus faible distance interclasses.

## Caractéristique de la CAH

En général, les classifications procèdent par la partition d'un ensemble de variables en un système de classes disjointes. Dans les classifications hiérarchiques, chaque classe peut être subdivisée au niveau inférieur ou regroupée au niveau supérieur de la hiérarchie. Les résultats obtenus sont de la sorte qu'ils peuvent être synthétisés graphiquement sous la forme de dendrogramme.

souligne que les méthodes de la classification ascendantes sont très utilisées dans le domaine de la classification. Elles regroupent successivement les échantillons les plus proches et recalculent à chaque fois, en fonction des stations regroupés, les distances des autres échantillons au nœud résultant. Le processus est répété jusqu' à l'agglomération de tous les échantillons.

## Choix d'une distance

L'efficacité de la CAH dépend essentiellement du choix de la distance utilisée. Notre choix est porté sur la distance Euclidienne pour décrire la similarité et la distance de Pearson pour décrire la dissimilarité entre les échantillons.

Sachant que l'ACP et la CAH sont complémentaires, et on est le plus souvent amené à les utiliser conjointement pour analyser un problème donné notamment pour l'évaluation de degré de la pollution des déferents rejets en milieu marin.

Comparant les résultats obtenus par l'ACP avec ceux de la CAH, nous pouvons déduire la distance qui explique le mieux cette classification.

## Tableau des données

Nous avons utilisé le même tableau que dans l'analyse précédente, à savoir l'ACP. Ce tableau comporte 03 stations et 177 échantillons avec 15 caractères quantitatifs.

L'avantage de cette méthode est la simplicité des interprétations et la clarté des résultats.

Toutefois, ces résultats nécessitent une analyse critique., les résultats sont valables si l'ensemble étudié appartient à un espace de dimensions relativement réduites. Pour cela, il est nécessaire de faire précéder l'Analyse Ascendante Hiérarchique par une Analyse des correspondances.

**Troisième partie**

**RESULTATS**

**&**

**DISCUSSION**

## 3 Résultats & discussion

### 3.1 Analyse uni-variée

#### 3.1.1 Statistique descriptive des caractères quantitatifs

Les paramètres statistiques de chaque variable sont présentés dans le tableau (Tableau VI) : la moyenne, la valeur maximale, la valeur minimale, écart-type, le coefficient de variation, etc.

Dans un intervalle de confiance de 95 %, nous remarquons une grande variabilité inter et intra variables. Le premier indicateur de cette variabilité est l'étendue qui est très important, la valeur maximale concerne la conductivité qui accuse une différence de 25443.11  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Quant au coefficient de variation, il permet de comparer la dispersion de variables dont les unités sont différentes (Tableau VI et Figure 13).

Dans notre analyse, ce coefficient est inférieur à 6.72% ( $CV < 13\%$ ) pour la variable pH, Cela équivaut à une dispersion plus faible. Par contre, pour les variables : TDS, conductivité, température, salinité, turbidité, oxygène dissous, MES, DBO<sub>5</sub>, DCO,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , Hydrocarbure sont nettement supérieures à 13 %.

Par ailleurs, on note que plus ce coefficient est faible, meilleure est la précision de l'essai et moins il y a d'erreurs dans les résultats (ACOURENE et al., 2001). Ce coefficient dépasse nettement les 13%, allant jusqu'à 202 % mais il reste tout de même dans les limites acceptables. Sachant que les moyennes sont influencées par les valeurs extrêmes, cas de  $\text{NO}_3^-$  (Min = 0.03 et Max = 205.20).

Dans l'ensemble, la dispersion des données est relativement moyenne par rapport à la moyenne avec des écarts types ne dépassant pas 11 %.

## Résultats et discussion

Tableau 3-1: Statistiques descriptives des variables quantitatives des analyses de la station de Skikda.

Variables	Moy	Médian	Mode	Somme	Min	Max	Ecart-type	Coefficient de Var %	Standard	Std.Err.
PH	7,7	7,82	8	1363	5,275	8,9	0,52	6,7167	0,039	0,36319
TDS	1295,33	1999	1999	229273	54	2556,23	784,55	60,5681	58,971	0,363195
COND ( $\mu\text{S/cm}$ )	34151,76	47430	56300	6044862	506	73514,75	25443,11	74,5002	1912,422	0,363195
T ( $^{\circ}\text{C}$ )	23,96	22,07	Multiple	4241	9,125	32,5	12,33	51,4708	0,927	0,363195
O <sub>2</sub> dissous (%)	54,56	53,33	52,93333	9657	8,66	89,6	13,91	25,4871	1,045	0,363195
TUR (NTU)	20,94	8,89	2	3706	1,51	269,58	33,62	160,5707	2,527	0,363195
DCO (mg/l)	83,4	142,33	36	113882	36	130	94	1.13	92,71	0,363195
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	22,98	10	Multiple	4068	0,5	87,7	23,76	103,389	1,786	0,363195
MES (mg/l)	69,27	60,54	102,4	12261	1	311,17	52,12	75,2325	3,917	0,363195
SAL (‰)	22,27	29,7	0,15	3942	2,5	47,68	16,39	73,6186	1,232	0,363195
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	295,53	50	Multiple	52309	0	693,5	400,16	135,404	30,078	0,363195
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,25	0,12	0,05	45	0,03	0,87	0,28	110,9547	0,021	0,363195
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	13,97	2,05	0,4	2473	0,03	205,2	28,28	202,392	2,126	0,363195
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,37	28	5	6605	0,03	1,02	0,99	2,67	2,274	0,363195
HC (mg/l)	19,35	23	Multiple	3425	0,3	102	15,71	81,171	1,181	0,363195

**Remarque :** l'écart type et l'intervalle de confiance de la moyenne sont valides uniquement dans le cas d'un échantillonnage aléatoire simple.

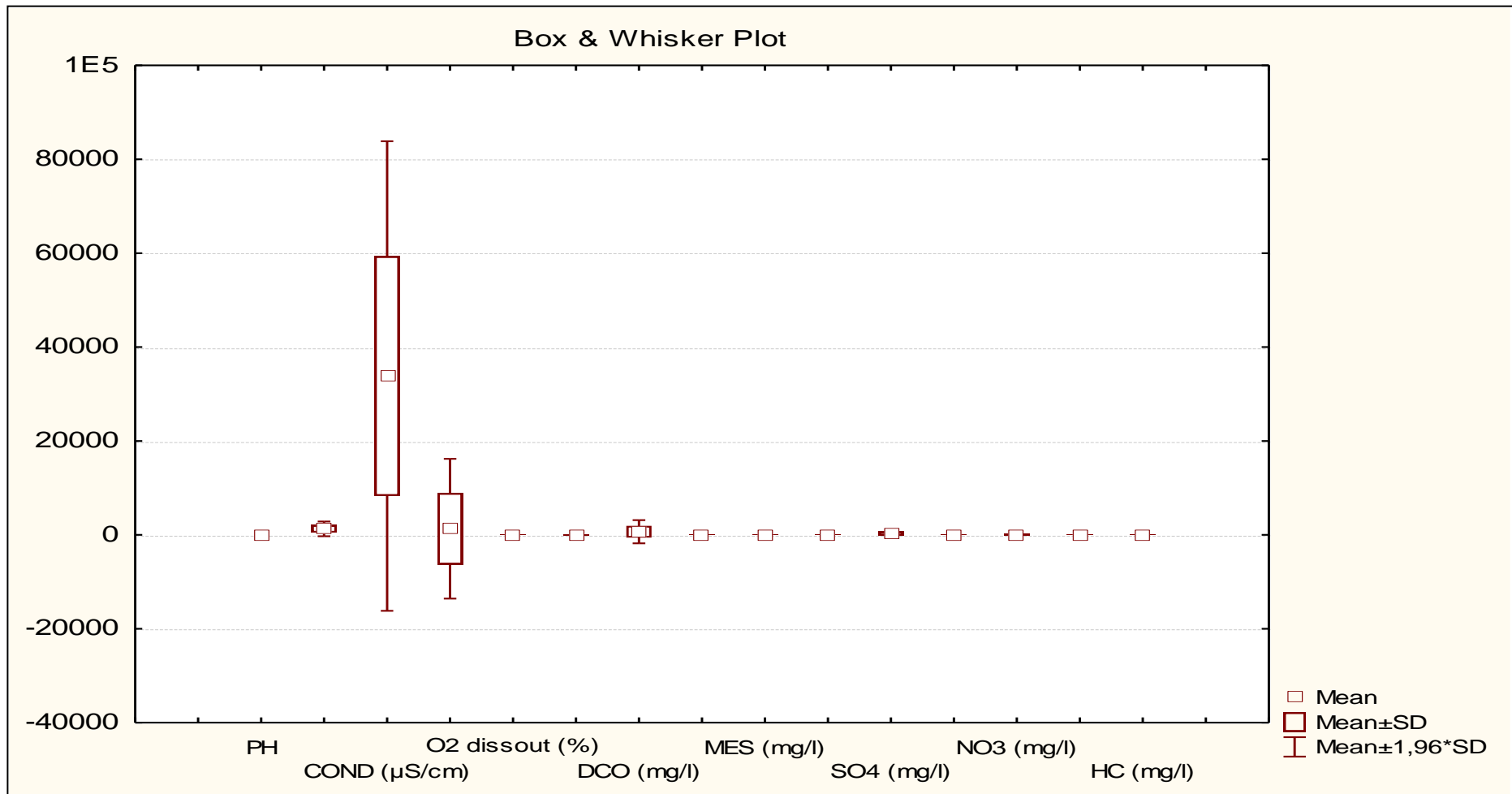


Figure 3-1: Boite à moustaches (Box Plots) des variables quantitatives des analyses de la station Skikda.

# Résultats et discussion

## 3.1.1.1 Les distributions des caractères quantitatifs

Pour l'analyse uni-variée d'un caractère, celle-ci est analysée sans tenir compte des autres. La distribution des caractères quantitatifs a été étudiée pour les deux (02) cas rencontrés dans notre analyse : par *stations*, et par *date*. La plupart des caractères d'intérêt en qualité des rejets des eaux, peuvent prendre des valeurs qui recouvrent de façon continue un large intervalle de variation.

Après confirmation de la normalité des données et l'homogénéité des variances, les résultats des analyses effectuées sont comme suit :

### 3.1.1.1.1 Le potentiel Hydrogène (pH)

La variation mensuelle du pH est marquée par une valeur maximale de l'ordre de 8,27 au cours du mois de Février (CP1/K) et une valeur minimale de 6,04 provenant des rejets de la station CTE.

La figure illustre que la variation moyenne du pH est caractérisée par une valeur moyenne de 7,66 qui apparaît clairement qu'on dépasse la valeur limite moyenne considérée 6,8. Le pH enregistré pour les 3 rejets industriels (RA1/K, CP1/K, CTE) est de l'ordre de 5.5 qui est considéré au-delà de la valeur limite inférieure.

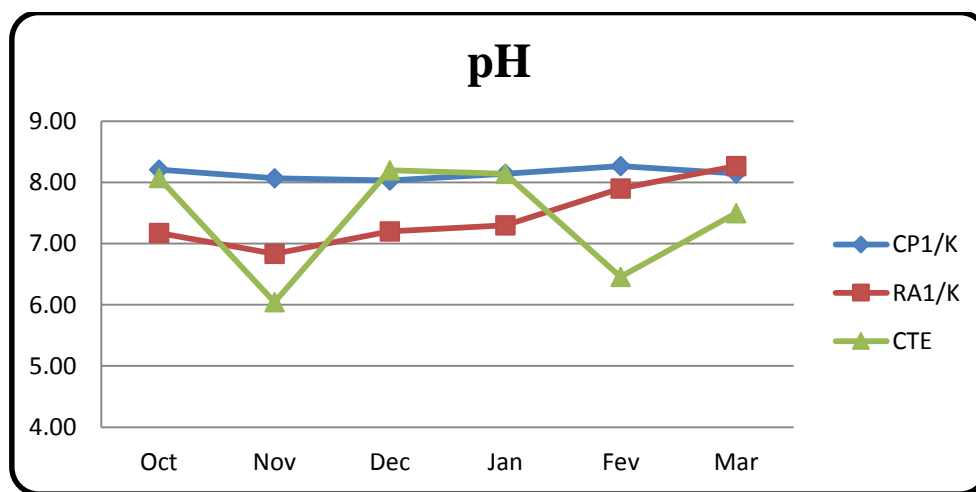


Figure 3-2: Evolution de pH des effluents liquides des trois Stations.

Généralement les échantillons analysés ont des valeurs (min > 5.28) la moyenne est de l'ordre de 7.70 ceci indique une légère tendance neutre. (Tableau VI). Pour notre échantillonnage la station CP1/K affiche une valeur moyenne de 7,98 basique (Tableau I, Annexe 1)

L'analyse de la variance est hautement significative ce qui explique la variabilité des paramètres physico-chimiques très large entre les différents cas étudiés (par station, et par date) pour le paramètre pH avec  $P \leq 0,001$ . (Tableau I, Annexe2).

## Résultats et discussion

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable pH démontre l'existence de trois groupes qui se distinguent nettement pour le cas station avec des valeurs de 7.47 jusqu'au 7.98 (test de newman keuls). Pour le cas date : on note l'existence aussi de deux groupes : pour l'année 2010 qui forme un seul groupe avec une valeur minimale de 5.30 (Tableau I, Annexe 3).

Pour le reste des dates de prélèvements s'étale de 6.53 jusqu'au 8.28 ce qui explique l'ampleur des rejets.

### 3.1.1.1.2 Taux des sels dissous (TDS)

Les valeurs de la dureté totale, des eaux rejetées par la zone industrielle de Skikda, varient entre 54,00 mg/l et 2556,23 mg/l. Ces valeurs montrent qu'on est dans le cas d'eaux très dures. La dureté totale moyenne des eaux rejetées par les complexes d'environ 939,12 mg/l.

Le graphe au dessous montre que le CP1/K est le site d'abondance importante en TDS par rapport aux autres stations RA1/K et CTE qui accumulent des taux avoisinants. Ce taux élevé est due aux produits de nettoyages et aux détergents rejetés, sans traitement préalable, directement dans le canal.

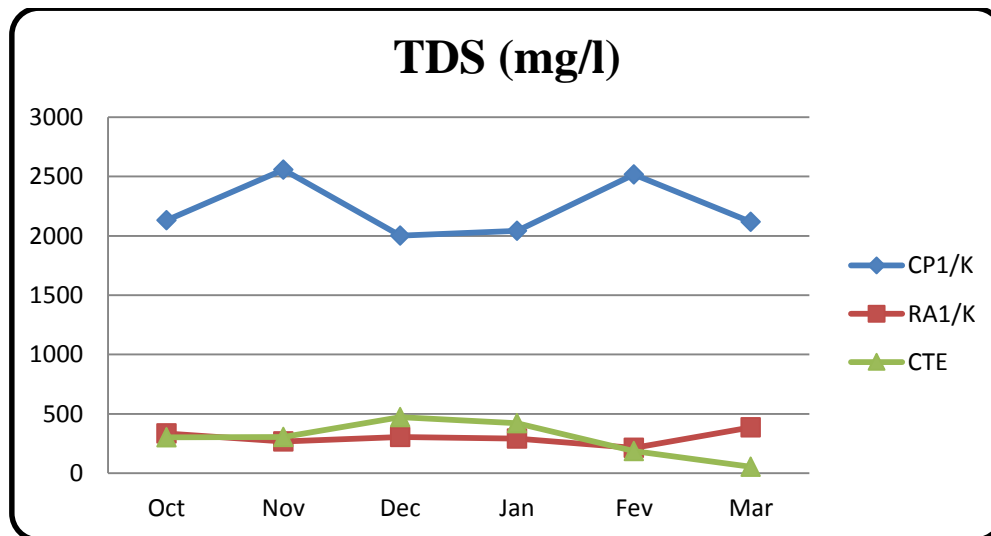


Figure 3-3: Evolution de TDS des effluents liquides des trois Stations.

La TDS présente une variabilité assez remarquable pour les cas étudiées, et constitue la caractéristique majeure de la qualité des eaux. Sa moyenne est de l'ordre de 1295.33 mg/l (Tableau VI) et (Figure 2, Annexe 1).

Dans le cas de l'étude des stations, la station RA1/K représente les valeurs les plus faibles avec une moyenne de 422.28 mg/l. par contre la station CP1/K représente la valeur moyenne la plus forte avec 1879.61 mg/l (Tableau I, Annexe 1).

## Résultats et discussion

L'analyse de la variance est hautement significative ce qui explique la variabilité très large dans le cas station:  $P \leq 0,001$ . Par contre le cas date est non significatif  $P \geq 0,05$  (Tableau II, Annexe 2).

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable TDS démontre l'existence de 3 groupes qui se distinguent nettement pour le cas station, le 1<sup>er</sup> groupe se compose uniquement de RA1/K avec une valeur minimale de 422.28 mg/l. le deuxième groupe est CTE avec une valeur de 1604.12 mg/l qui est intermédiaire entre la RA1/K et CP1/K qui a une valeur de 1879,6 mg/l (Tableau II, annexe 3).

Pour le cas date : il existe qu'un seul groupe des dates de prélèvements des échantillons.

### 3.1.1.1.3 Conductivité (COND)

La variation spatio-temporelle de la conductivité électrique est assez significative, elle est marquée par une moyenne de 34534,31  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ce qui correspond à une minéralisation intermédiaire proche de celle des eaux saumâtre, voire salée, et dont la conductivité varie entre 534,00 et 62133,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . D'après le graphe le CP1/K enregistre les valeurs les plus élevées, contrairement au RA1/K. Tandis que le CTE représente des fluctuations notables le long de la période d'étude.

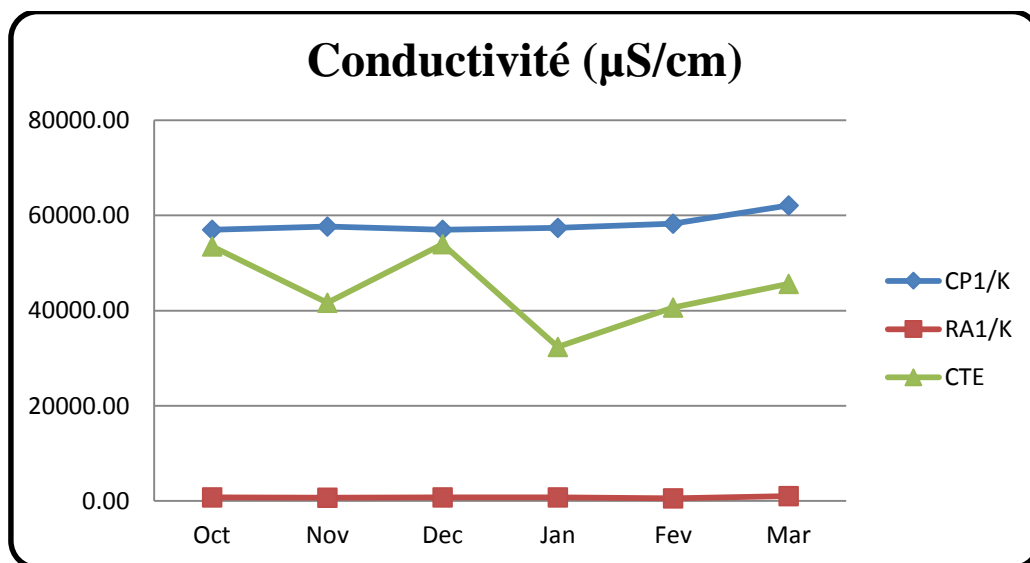


Figure 3-4 : Evolution de la conductivité des effluents liquides des trois Stations.

Les analyses ont une Conductivité moyennement assez grande (34151,76  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par rapport à l'ensemble des échantillons (Figure 3, Annexe 1) et (Tableau VI). Pour le cas d'étude par station la valeur la plus importante est celle de CP1/K et CTE avec respectivement 57188.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 45057.28  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (Tableau I, Annexe1).

## Résultats et discussion

L'analyse de la variance est hautement significative ce qui explique la variabilité très large entre les différents cas étudiés (station) pour le paramètre Conductivité ( $P \leq 0,001$ ). L'analyse de la variance est non significative pour le cas date ( $P \geq 0,05$ ) (Tableau II, Annexe 2).

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable conductivité démontre l'existence de 3 groupes qui se distinguent nettement pour le cas station. Le premier groupe constitué par RA1/K avec une moyenne de  $956,58 \mu\text{S}/\text{cm}$ , le troisième groupe qui est CP1/K avec une valeur maximum de l'ordre de  $57188,90 \mu\text{S}/\text{cm}$ , avec un deuxième groupe intermédiaire entre les deux CTE avec une valeur de  $45057,28 \mu\text{S}/\text{cm}$  (Tableau I, Annexe 3).

### 3.1.1.1.4 Température ( $T^\circ$ )

La valeur moyenne de la température des effluents des différents complexes est de l'ordre de  $19,53^\circ\text{C}$ . Qui marque la conformité des valeurs limites de la réglementation en matière d'environnement. Selon le graphe les courbes sont presque superposées, ce qui explique que les résultats de la température obtenus sont presque les mêmes pour les trois sites.

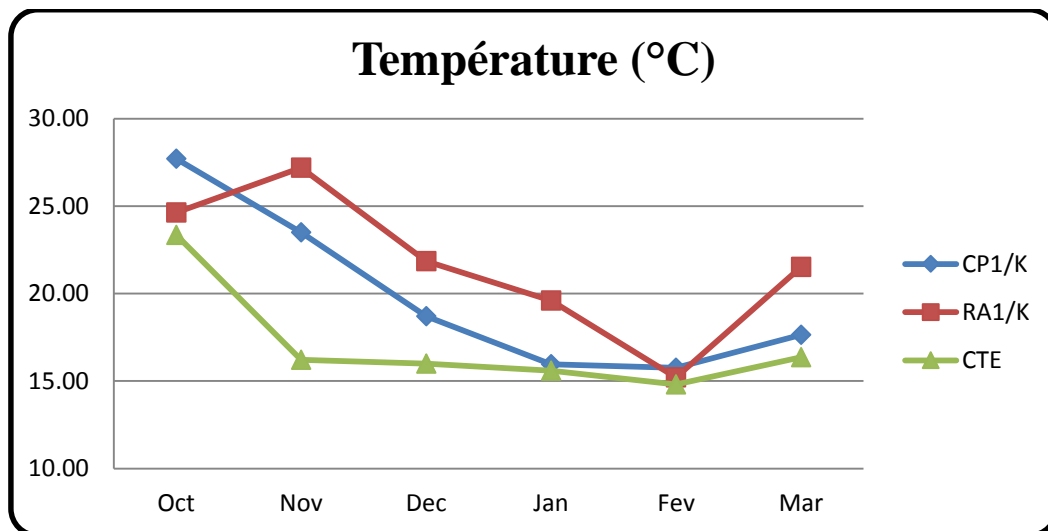


Figure 3-5: Evolution de la température des effluents liquides des trois Stations.

Dans la population échantillonnée, la moyenne de  $T^\circ$  est de  $23,96^\circ\text{C}$ , (Tableau VI) et (Figure 4, Annexe 1). Pour le cas d'étude station, la station CP1/K qui détient les valeurs les plus élevées avec une moyenne de  $24,08^\circ\text{C}$ . (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est moyennement significative ce qui explique la variabilité très large entre les différents cas étudiés (station) pour le paramètre  $T^\circ\text{C}$  avec  $P \leq 0,01$  (Tableau 1, Annexe 2).

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable  $T^\circ\text{C}$  démontre l'existence de 02 groupes qui se distinguent nettement pour le cas station pour le 1<sup>er</sup> groupe CTE avec une valeur minimale de  $20,41^\circ\text{C}$ . Le 2<sup>ème</sup> groupe se compose de RA1/K avec une valeur maximale

## Résultats et discussion

de l'ordre de 27.27°C. Sachant que le CP1/K présente des valeurs intermédiaires entre le premier et le deuxième groupe (Tableau I, Annexe 3).

### 3.1.1.1.5 Oxygène dissous (O.D O<sub>2</sub> %)

La variation spatio-temporelle du taux de saturation en oxygène dissous est assez significative, elle est marquée par un maximum de 83,2% au cours du mois de Janvier pour le CP1/K et un minimum de 26,50% pour le site RA1/K au cours du mois de Novembre. La moyenne est de l'ordre de 59,15%, ce qui définit une teneur en oxygène saturée assez élevée, autrefois ces résultats ne peut pas assurer une bonne activité biologique aquatique.

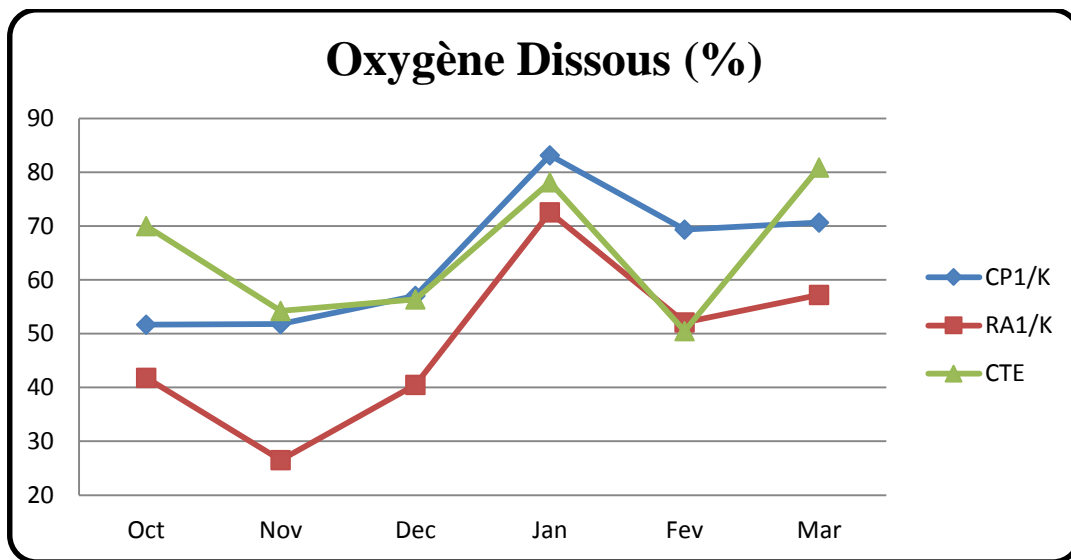


Figure 3-6: Evolution de l'oxygène dissous des effluents liquides des trois Stations.

L'oxygène dissous peut atteindre plus de  $54.56 \pm 13.91\%$  (Tableau VI) et (Figure 5, Annexe 1). Pour le cas étudié station, on note que le taux de l'oxygène dissous présente des moyennes semblables au niveau des stations étudiées allant de 51.24 % jusqu'à 57.51% (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est hautement significative ce qui explique la variabilité très large entre les différents types pour le paramètre Oxygène dissous ( $P \leq 0,01$ ) contrairement au cas date où cette dernière est non significative ( $P >= 0,05$ ) (Tableau I, Annexe 2).

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable oxygène dissous démontre l'existence de deux groupes qui se distinguent nettement pour le cas station : avec les plus grandes valeurs (CTE, CP1/K respectivement 57.51%, 55.03%), et le 2<sup>ème</sup> groupe se compose uniquement RA1/K avec une valeur moyenne de 51,23 %. (Tableau I, annexe 3).

## Résultats et discussion

### 3.1.1.1.6 Turbidité (TUR)

On remarque des valeurs variant entre 2,07 NTU et 41,00 NTU, les valeurs sont observées surtout en période des grandes crues, précisément en RA1/K, par contre pour CTE, CP1/K qui paraissent identiques. Ces valeurs sont très importantes suivies par une moyenne de 14,70 NTU, ce taux affectant négativement le bon développement de la vie aquatique.

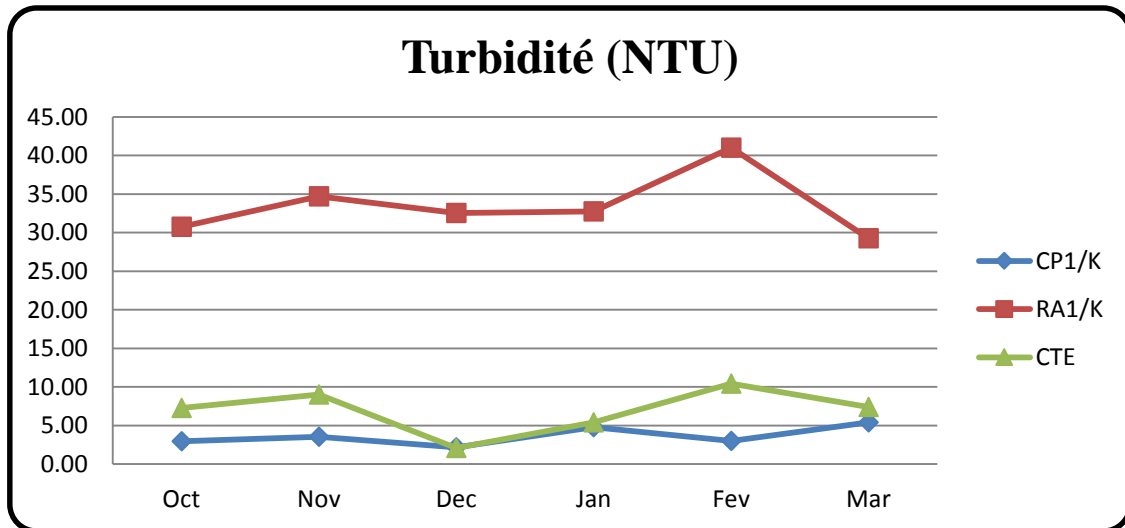


Figure 3-7: Evolution de la turbidité des effluents liquides des trois Stations.

La turbidité présente une valeur moyenne élevée dans les différentes stations 20.94 NTU, (Tableau VI) et (Figure 6, Annexe 1). Pour le cas étudié station, la station RA1/K présente des taux élevés comparativement aux autres stations (45 NTU). (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est hautement significative ce qui explique la variabilité très large entre les différents cas étudiés (station) pour le paramètre TUR ( $P \leq 0,001$ ) (Tableau I; Figure 6, Annexe 2).

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable TUR démontre l'existence de 2 groupes dont le premier groupe est constitué de CP1/K et CTE avec des valeurs les plus faibles respectivement 6.58 et 10.63 NTU alors le deuxième groupe est constitué uniquement par la RA1/K avec une valeur maximale de 45 NTU (Tableau I, Annexe 3).

### 3.1.1.1.7 Demande chimique en oxygène (DCO)

La Longueur moyenne du DCO est de  $83 \pm 94$  mg/l. (Tableau VI, Figure 7 Annexe 1). En ce qui concerne le cas étudié station, la station RA1/K présente la valeur la plus élevée 117.3 mg/l. (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est non significative ce qui explique le facteur de la variabilité est stable ( $P \geq 0.05$ ) pour les cas étudiés (stations et dates).

## Résultats et discussion

### 3.1.1.1.8 Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La valeur moyenne de la DBO<sub>5</sub> est de  $22.98 \pm 23,76$  mg/ (Tableau VI) et (Figure 8, Annexe 1). Pour le cas étudié *station*, on note que la station RA1/K avec une valeur moyenne de 32.79 mg/l, tandis que la station CTE et CP1/K présentent respectivement 20.43 et 15.52 mg/l. (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est hautement significative pour le cas station. Elle est non significative pour le cas dates ( $P \geq 0,05$ ).

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable DBO<sub>5</sub> démontre l'existence de deux groupes qui se distinguent : le premier groupe se compose de CP1/K et CTE avec des valeurs minimales respectives 15.20 et 20.42 mg/l. le deuxième groupe est constitué de RA1/K avec une valeur de 32.79 (Tableau I, Annexe 3).

### 3.1.1.1.9 La matière en suspension (MES)

La variation spatio-temporelle du taux de la matière en suspension est assez significative, elle est marquée par une valeur moyenne de 79,38 mg/l, cette valeur est supérieur de loin la valeur limite du décret 06-141 (35mg/l). Les valeurs de MES des effluents de la raffinerie (RA1/K) restent toujours supérieures aux valeurs des autre complexe qui accumulent

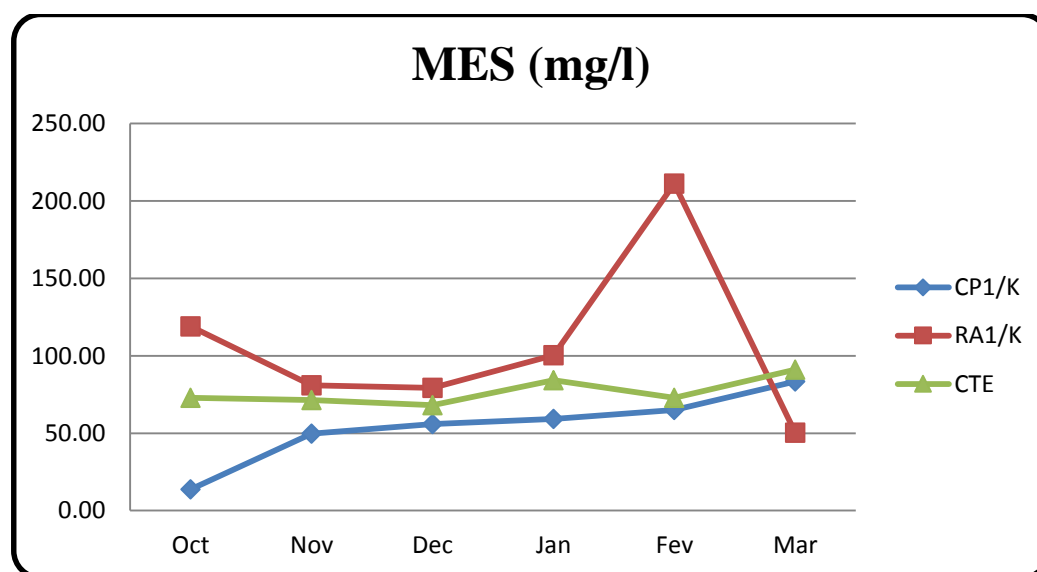


Figure 3-8: Evolution de la matière en suspension des effluents liquides des trois Stations. La MES a une valeur moyenne de  $69.27 \pm 52,12$  mg/l (Tableau VI) et (Figure 9, Annexe 1). Pour le cas étudié *station*, le taux de la matière en suspension dans les différents complexes sont proche de la moyenne, la station CP1/K avec une moyenne de 77.17 mg/l, la station RA1/K avec une moyenne de 68.05 mg/l et la station CTE avec une moyenne de 62.51 mg/l. (Tableau I, Annexe1).

## Résultats et discussion

L'analyse de la variance est non significative ( $P \geq 0.05$ ) pour les 02 cas formulés par dates et par stations, ce qui explique que les facteurs de la variabilité entre les différents types étudiés pour le paramètre MES sont stables.

### 3.1.1.1.10 La salinité (SAL)

Les valeurs de la Salinité, des eaux rejetées par la zone industrielle de Skikda, varient entre 0.10 et 38.37 ‰. Dans ce graphique on remarque que le RA1/K avec une valeur moyenne de l'ordre de 0,16‰ présente les teneurs les plus faibles, puisque 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. Or que les deux autres stations CP1/K, CTE représente des teneurs plus élevées ainsi des courbes presque superposées.

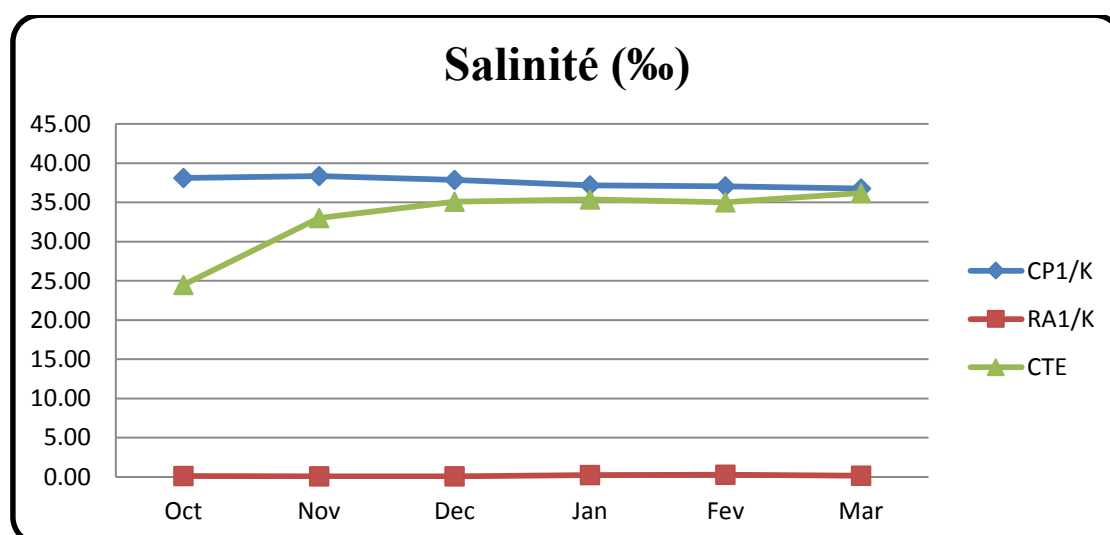


Figure 3-9: Evolution de la Salinité des effluents liquides des trois Stations.

La valeur moyenne de la salinité est de  $22.27 \pm 16,39$  ‰ (Tableau VI) et (Figure 10, Annexe 1). Pour le cas étudié station, on note que les stations CTE et CP1/K présente des valeurs élevées par rapport a RA1/K, respectivement 29.65, 36.7 et 0.78 ‰ (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est hautement significative pour le cas station ( $P \leq 0,001$ ). Ceci explique la variabilité très large entre les différents cas étudiés pour le paramètre salinité au sein des différentes stations, par contre elle n'est pas significative ( $P \geq 0.05$ ) pour le cas dates (Tableau I, Annexe 2).

Le Test de Newman-Keuls d'homogénéisation pour la variable salinité démontre l'existence de trois groupes qui se distingue pour le cas station, ou on note que la RA1K présente la valeur la plus basse (0,77618 ‰) et la CP1KK avec la plus grande valeur (36.87‰).notant que la CTE présente des valeurs intermédiaire (29.64‰).

## Résultats et discussion

### 3.1.1.1.11 Les Sulfures ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

En général, les sulfures est de 295.53 mg/l (Tableau VI) et (Figure 11, Annexe 1). Avec des valeurs élevées de l'ordre de 328.24 mg/l pour la station RA1/K, comparativement à la station CTE qui présente les valeurs les plus faibles 261.64 mg/l. (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est non significative ( $P \geq 0,05$ ) pour les cas étudiés (stations et dates).

### 3.1.1.1.12 Les Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

La moyenne de ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) peut atteindre  $0.25 \pm 0.28$  mg/l (Tableau VI) et (Figure 12, Annexe 1). Pour le cas étudié station, on note que les valeurs sont très proches dans les différentes stations étudiées. (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est non significative pour les cas dates et stations ( $P \geq 0.05$ ) ce qui explique la stabilité de la variabilité entre les différents cas étudiés pour le paramètre ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

### 3.1.1.1.13 Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Le nitrate est de  $13.97 \pm 28.28$  mg/l. (Tableau VI) et (Figure 13, Annexe 1). Pour le cas étudié station, les stations CP1/K, RA1/K et CTE présentent des valeurs moyennes respectivement 17.66 , 13.95 et 10.25 mg/l (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance du paramètre  $\text{NO}_3^-$  est non significative pour les différents cas étudiés (stations et dates) ce qui explique l'homogénéité des variables pour la variable nitrate.

### 3.1.1.1.14 Les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Le  $\text{NO}_2^-$  est plus de 0,37 mg/l (Tableau VI) et (Figure 14, Annexe 1). Pour le cas étudié station, la station CTE présente la moyenne la plus élevée avec 0.87 mg/l. (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est non significative pour les cas étudiés (dates et stations), ( $P \geq 0,05$ ), ce qui explique la stabilité de la variabilité entre les différents paramètres étudiés.

### 3.1.1.1.15 Les hydrocarbures (HC)

On remarque des valeurs varient entre 0,39 et 70,11mg/l, les valeurs élevées sont observées surtout en RA1/K, par contre pour CTE, CP1/K qui paraissent identiques et des teneurs faibles ou Ces valeurs sont en conformité avec le décret 06-141 (JORAD, 2006) par contre les valeurs sont très importantes dans la raffinerie avec une moyenne de 56.38mg/l, Cette valeur est largement supérieure aux deux limites fixées par le décret 06-141 (JORA, 2006). Ces valeurs importantes témoignent de l'inefficacité du système d'épuration des

## Résultats et discussion

hydrocarbures, adopté par la raffinerie de Skikda ou peut être liée à une fuite d'hydrocarbures ou à un accident interne.

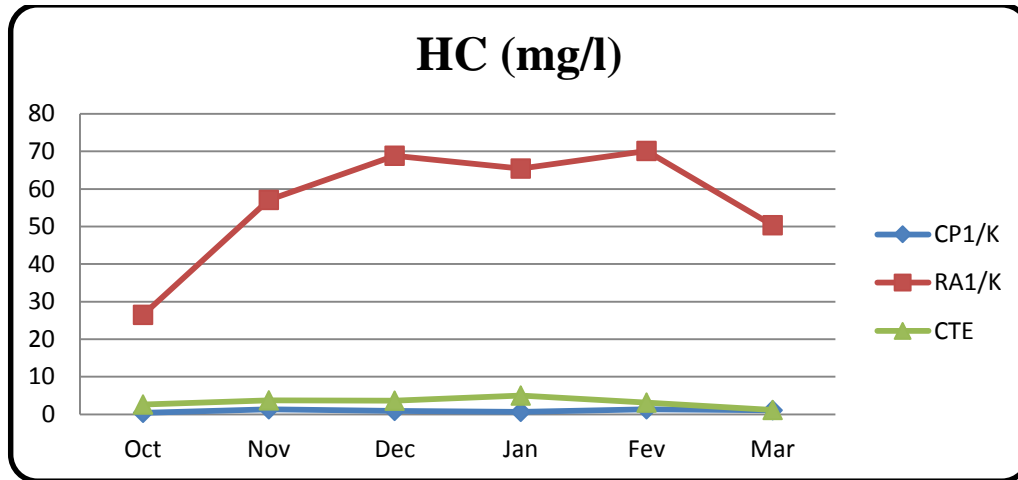


Figure 3-10: Evolution des Hydrocarbures dans les effluents liquides des trois Stations.

La valeur moyenne des hydrocarbures est comprise entre 102 et 0.3 mg/l pour les différents cas étudiés (Tableau VI) et (Figure 15, Annexe 1). Pour le cas station, la station RA1/K et la station CP1/K qui présentent des valeurs proches autour de 17 mg/l, alors que la station CTE qui présente une valeur moyenne de l'ordre de 21 mg/l. (Tableau I, Annexe1).

L'analyse de la variance est non significative pour les cas stations et dates ( $P \geq 0,05$ ) ce qui explique la stabilité de la variabilité entre les différents cas étudiés pour le paramètre hydrocarbures.

### 3.2 Analyse multi-dimensionnelle

#### 3.2.1 Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'usage de l'ACP nous permet d'analyser les corrélations entre les différentes variables et d'identifier les dates de prélèvements, et les stations qui se distinguent les unes des autres.

Au seuil de signification de 5 %, la corrélation entre les variables est significative. En utilisant le coefficient de *Pearson*, nous observons des corrélations positives.

Cette forte corrélation est remarquée entre les variables notamment les variables dimensionnelles pour les différents cas étudiés (dates et stations). Cependant, on remarque que certaines variables sont peu corrélées (Tableau VII)

## Résultats et discussion

Tableau 3-2: Moyennes et écarts-types des variables quantitatives.

	Moyenne	Ecart-Type
<b>CP1KK</b>	0,33	0,47
<b>RA1K</b>	0,34	0,47
<b>CTE</b>	0,33	0,47
<b>PH</b>	7,7	0,52
<b>TDS (mg/l)</b>	1295,33	784,55
<b>COND (µS/cm)</b>	34151,76	25443,11
<b>T (°C)</b>	23,96	12,33
<b>O<sub>2</sub>dissout (%)</b>	54,56	13,91
<b>TUR (NTU)</b>	20,94	33,62
<b>DCO (mg/l)</b>	83,4	94
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l)</b>	22,98	23,76
<b>MES (mg/l)</b>	69,27	52,12
<b>SAL (‰)</b>	22,27	16,39
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l)</b>	295,53	400,16
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l)</b>	0,25	0,28
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	13,97	28,28
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	0,37	0,99
<b>HC (mg/l)</b>	19,35	15,71

Pour le cas formulé par dates, le pourcentage de la variance totale expliqué par chaque axe est mentionné dans le tableau (tableau des valeurs propres).

Quant au choix des axes, le pourcentage de variabilité représenté par les 02 premiers facteurs est particulièrement très élevé (**37 %**). L'affichage sur F1 comme axe horizontal et F2 comme axe vertical suffit largement pour l'interprétation de la dispersion de nos données.

On constate que le premier (axe 1) recèle **27.06 %** de la variance totale, le suivant décroissant régulièrement à partir **36.87 %** (axe 2). Cela signifie que, si on représente les données sur un seul axe, on aura toujours **37 %** de la variabilité totale qui sera préservée. Le deuxième facteur propre représente **9.81 %** de la variabilité.

## Résultats et discussion

D'après ces résultats, on remarque que ces premiers axes représentent une bonne description de la dispersion des individus puisqu'ils expliquent la totalité (37 % d'inertie cumulée) de la variation totale ; donc il n'y a pas une séparation nette des premiers axes. Le cumul atteint **100%** seulement jusqu'à l'axe 17, ce qui explique l'importance et la forte contribution de chaque variable.

Tableau 3-3: Valeurs propres et la variabilité entre les facteurs quantitatifs.

Axes	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6	Axe 7	Axe 8	Axe 9
<b>Valeurs propres</b>	4,87	1,77	1,47	1,26	1,22	1,09	0,98	0,94	0,84
<b>% variance</b>	27,06	9,81	8,19	7,02	6,77	6,07	5,44	5,21	4,66
<b>% cumulé</b>	27,06	36,87	45,06	52,07	58,84	64,92	70,36	<b>75,57</b>	80,23

D'après ces résultats, on remarque que les axes 1, 2 et 3 représentent une bonne description de la dispersion des variables, puisqu'ils expliquent à eux seuls presque la totalité de la variation totale (**45 %** d'inertie cumulée). Ce qui explique l'importance de la contribution de chaque variable.

L'étude de la contribution de chaque variable permet d'hierarchiser les caractères responsables de la formation de chaque axe. On note que les variables : RA1/K, le taux des sels dissous, conductivité et la salinité sont fortement liées à la formation de l'axe 1.

Parallèlement, les variables : CP1/K, CTE et la température sont liées à l'axe 2.

On note une forte contribution de 27.06% pour l'axe 1 et 9.81% pour l'axe 2 (Tableau des valeurs propres). (Figure : 23)

La représentation graphique des variables sur les axes 1-2 confirme ces contributions et constitue de bons plans de projection sur les axes 1-2 (37 %). Cette forme de distribution autour d'un axe adjacent aux deux axes indique l'existence d'une forte corrélation entre les variables (**DERVIN, 1992**).

## Résultats et discussion

Tableau 3-4 : Coordonnées des variables quantitatives basées sur les corrélations.

Variabes	Factor 1	Factor 2	Factor 3
CP1KK	0,083084	<b>0,270748</b>	0,010142
RA1K	<b>0,182197</b>	0,008316	0,024279
CTE	0,019877	<b>0,377681</b>	0,066712
PH	0,049567	0,028000	<b>0,173801</b>
TDS (mg/l)	<b>0,151890</b>	0,000239	0,004088
COND ( $\mu$ S/cm)	<b>0,186145</b>	0,001656	0,008427
T ( $^{\circ}$ C)	0,010264	<b>0,101581</b>	0,036755
O <sub>2</sub> dissous (%)	0,010047	0,041704	0,098219
TUR (NTU)	0,071370	0,000562	0,044449
DCO (mg/l)	0,000001	0,004018	0,016332
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	0,043172	0,003194	0,084587
MES (mg/l)	0,000007	0,036670	0,004946
SAL (‰)	<b>0,188218</b>	0,001469	0,010255
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0,001401	0,029788	<b>0,195380</b>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,001453	0,004875	0,003053
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,000987	0,067730	<b>0,119153</b>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,000254	0,014451	0,040695
HC (mg/l)	0,000067	0,007318	0,058729

Pour les cas étudiés, le cercle de corrélation correspond à la projection des variables initiales sur un plan à deux dimensions constitué par les deux uniques facteurs (F1 et F2). Cette projection des points sur le cercle est nettement éloignée du centre, ce qui explique la forte corrélation de ces variables et aussi démontre que le résultat coïncident avec celles obtenus avec la matrice de corrélation. Toutes les variables sont très bien représentées sur le plan principal (Figure cercle 1-2) (Figure 23).

## Résultats et discussion

Pour la station RA1/K coïncide les variable DBO<sub>5</sub> et turbidité, CTE coïncide les variables oxygène dissous, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, HC et DCO. Par contre la CP1/K coïncide les variables conductivité, TDS et pH.

Notant que les variables température NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, MES et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> sont intermédiaires entre les deux stations RA1/K et CP1/K.

Sur le plan factoriel 1-2 pour la distribution des individus démontre la formation de 03 groupes principaux :

**Le pôle 1 :** comporte la station RA1/K sur les ordonnées négatives de l'axe 1 qui regroupe les échantillons représenté par les variables DBO<sub>5</sub> et turbidité qui sont des indicateurs de l'ampleur des rejets.

**Le pôle 2 :** sur les ordonnées positives de l'axe 1 comporte la station CP1/K et que le pH, conductivité et TDS sont les éléments indicateurs liés à cette station.

Et **le pôle 3 :** comporte des échantillons sur les abscisses négatives représentée par la station CTE qui comporte les variables oxygène dissous, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, DCO et HC. (Figure : 24).

Cela signifie que la dite station rejette des effluents provoquant la mauvaise qualité des eaux, en outre, le pH reste intermédiaire entre la CTE et la CP1/K ceci dit que le degré de pH est provoqué par les rejets des deux stations qui aura des conséquences sur les eaux côtières.

Les variables NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, température, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et MES sont intermédiaires entre les trois stations (CP1/K, CTE et RA1/K). (Figure 23 et 24).

Tableau 3-5 : Matrice de corrélation entre les différentes variables quantitatives.

	CP1/K	RA1/K	CTE	pH	TDS (mg/l)	COND ( $\mu$ S/cm)	T (°C)	O <sub>2</sub> dis (%)	TUR (NTU)	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	MES (mg/l)	SAL (‰)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	HC (mg/l)	
CP1/K	<b>1</b>																		
RA1/K	<b>-0,506</b>	<b>1</b>																	
CTE	-0,494	<b>-0,5</b>	<b>1</b>																
pH	0,386	-0,321	-0,064	<b>1</b>															
TDS (mg/l)	<b>0,528</b>	<b>-0,799</b>	0,276	0,352	<b>1</b>														
COND ( $\mu$ S/cm)	<b>0,642</b>	<b>-0,937</b>	0,3	0,38	<b>0,772</b>	<b>1</b>													
T (°C)	0,007	0,193	-0,201	-0,038	-0,158	-0,15	<b>1</b>												
O <sub>2</sub> dis (%)	0,024	-0,172	0,149	0,163	0,181	0,155	-0,103	<b>1</b>											
TUR (NTU)	-0,303	<b>0,514</b>	-0,215	-0,149	-0,411	<b>-0,512</b>	0,053	0,004	<b>1</b>										
DCO (mg/l)	-0,024	-0,019	0,043	-0,067	0,023	-0,009	-0,013	-0,099	-0,06	<b>1</b>									
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	-0,223	0,297	-0,075	-0,389	-0,334	-0,328	0,235	-0,131	0,241	0,005	<b>1</b>								
MES (mg/l)	0,107	-0,017	-0,091	0,093	-0,111	0,033	0,017	-0,015	0,046	-0,038	0,127	<b>1</b>							
SAL (‰)	<b>0,632</b>	<b>-0,941</b>	0,315	0,39	<b>0,799</b>	<b>0,961</b>	-0,147	0,148	-0,517	-0,007	-0,319	0,041	<b>1</b>						
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	0,059	-0,059	-0,095	-0,007	-0,035	0,171	-0,132	-0,01	0,074	0,087	-0,016	0,041	<b>1</b>					
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,024	-0,052	0,029	0,039	0,072	0,062	-0,032	0,065	-0,091	-0,144	0,064	-0,12	0,06	-0,085	<b>1</b>				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,092	-0,001	-0,092	-0,136	-0,077	-0,027	0,163	-0,095	0,065	-0,077	0,116	0,042	0,02	0,097	-0,016	<b>1</b>			
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-0,05	-0,036	0,087	0,106	-0,004	0,019	0,039	0,086	0,072	0,113	0,002	0,116	0,064	-0,093	-0,008	-	0,092	<b>1</b>	
HC (mg/l)	-0,072	-0,002	0,074	-0,087	0,011	-0,013	-0,064	-0,008	-0,026	-0,087	0,005	0,067	-	0,015	0,136	0,001	0,056	0,034	<b>1</b>

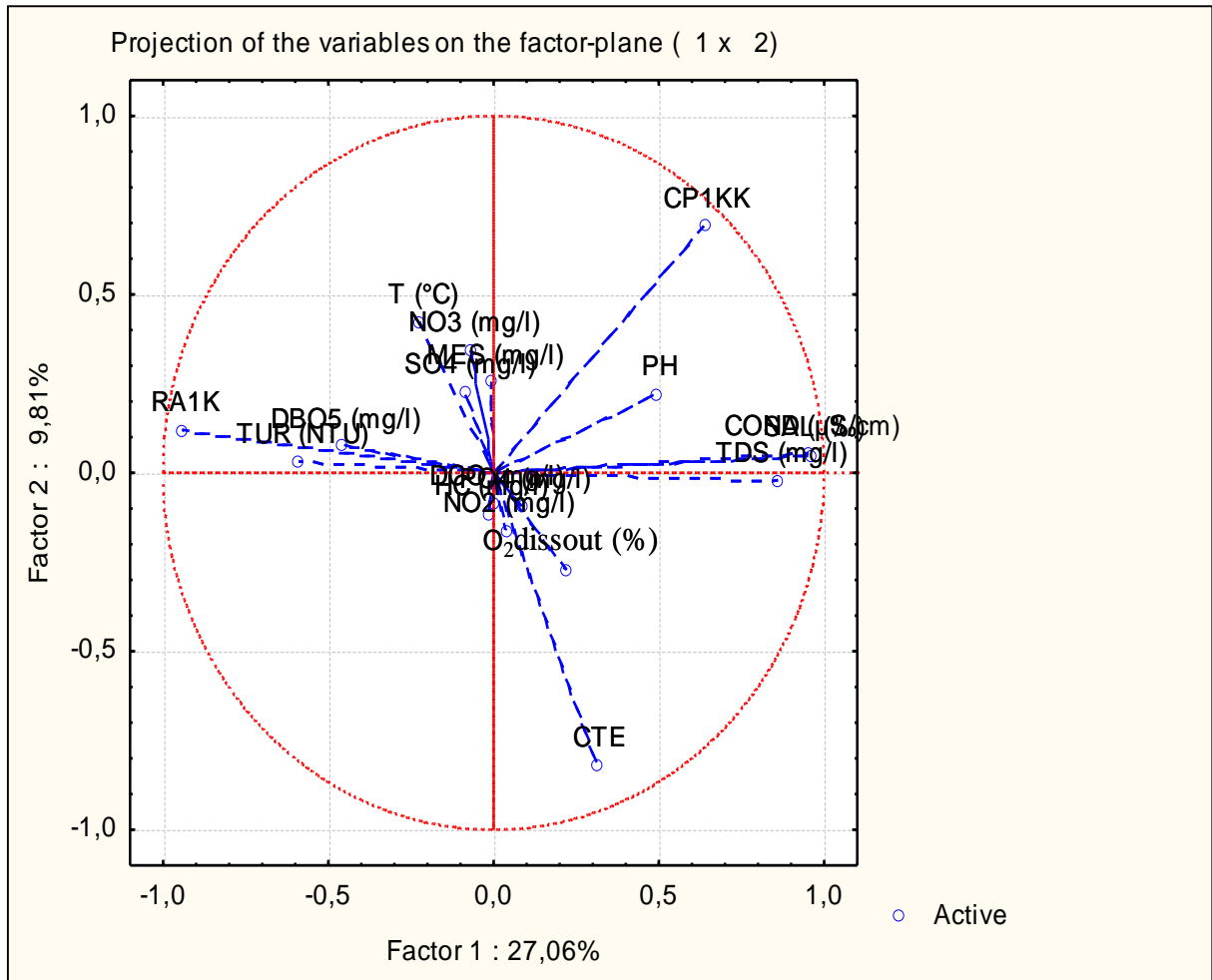


Figure 3-11: Cercle de corrélation entre les caractères quantitatifs.

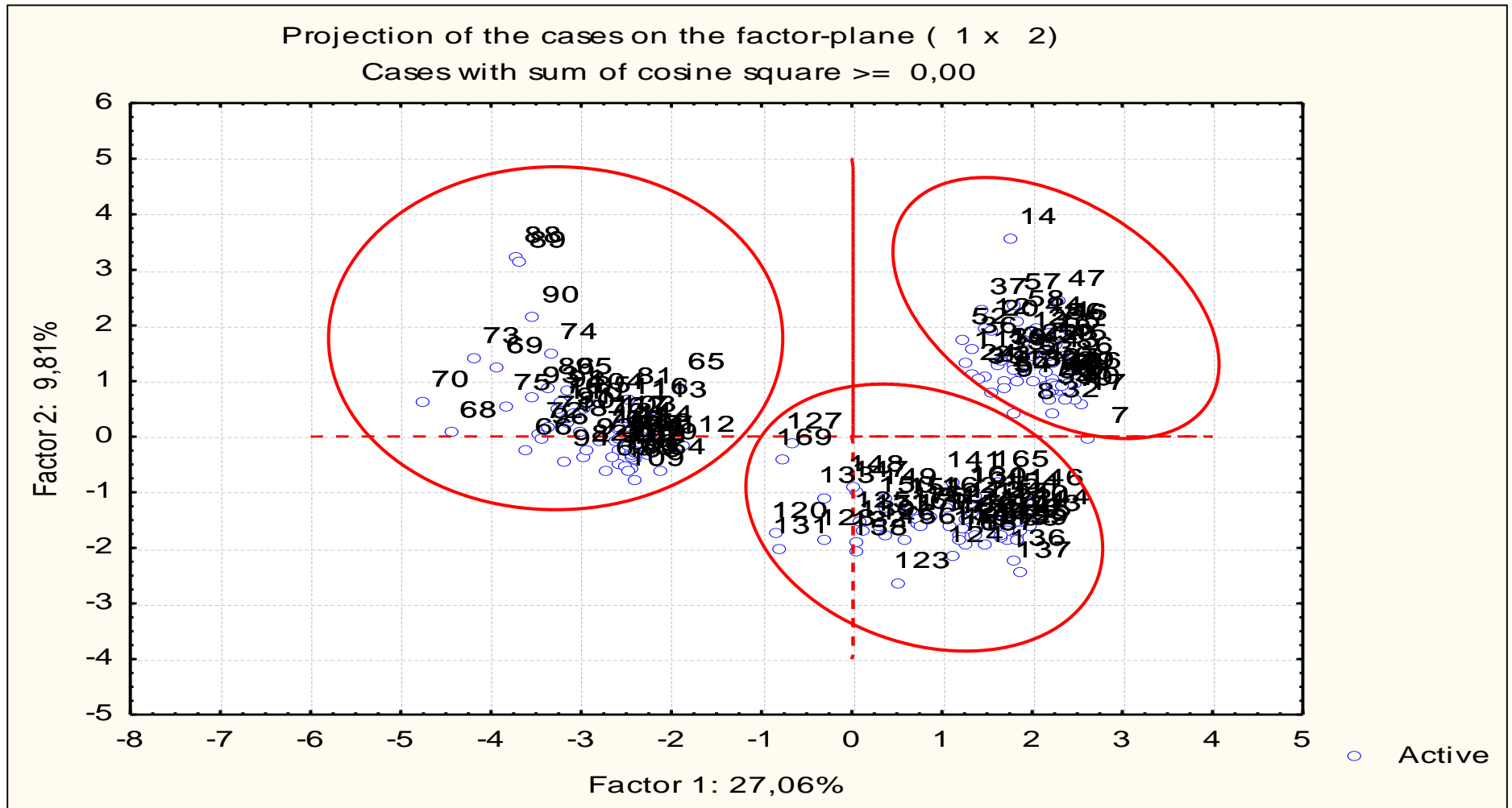


Figure 3-12: Diagramme d'ordination dérivé de l'ACP sur le plan de projection des axes 1-2.

# Résultats et discussion

## 3.2.2 Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Pour connaître les ressemblances et les dissemblances entre les échantillons des stations, nous avons utilisé la Classification Ascendante Hiérarchique. Cette classification se fait par dissimilarité en utilisant les distances Euclidiennes ou par similarité en utilisant la distance de Pearson.

### 3.2.2.1 Etude de dissimilarité

On classe les stations en fonction des variables quantitatives en utilisant la méthode de la distance Euclidienne avec le critère d'agrégation relatif aux centres d'inertie (méthode de Ward).

La classification par dissimilarité nous renseigne, en premier lieu, sur l'histogramme des niveaux de nœuds. On observe des sauts importants, cela signifie qu'on a une grande homogénéité de la structure au moment de l'agrégation.

**En ce qui concerne la représentation des dendrogrammes, on peut dire que les plus importantes sont : le pôle 3 (CTE) qui regroupe les échantillons indicateurs de la pollution, le pôle 2 (CP1/K) qui regroupe les indicateurs moyennement polluants et le pôle 1 (RA1/K) qui regroupe des indicateurs faiblement polluants. Sachant qu'il existe des échantillons représentant des indicateurs intermédiaires entre les pôles.**

Les résultats obtenus par similarité sont semblables à ceux obtenus par dissimilarité. Ainsi pour l'interprétation de nos résultats, on se contentera d'adopter ceux trouvés par dissimilarité en raison de leurs concordances avec ceux de l'ACP.

On peut conclure que les résultats trouvés par CAH ont la même structuration dans l'ensemble des populations que celle révélées par l'ACP.

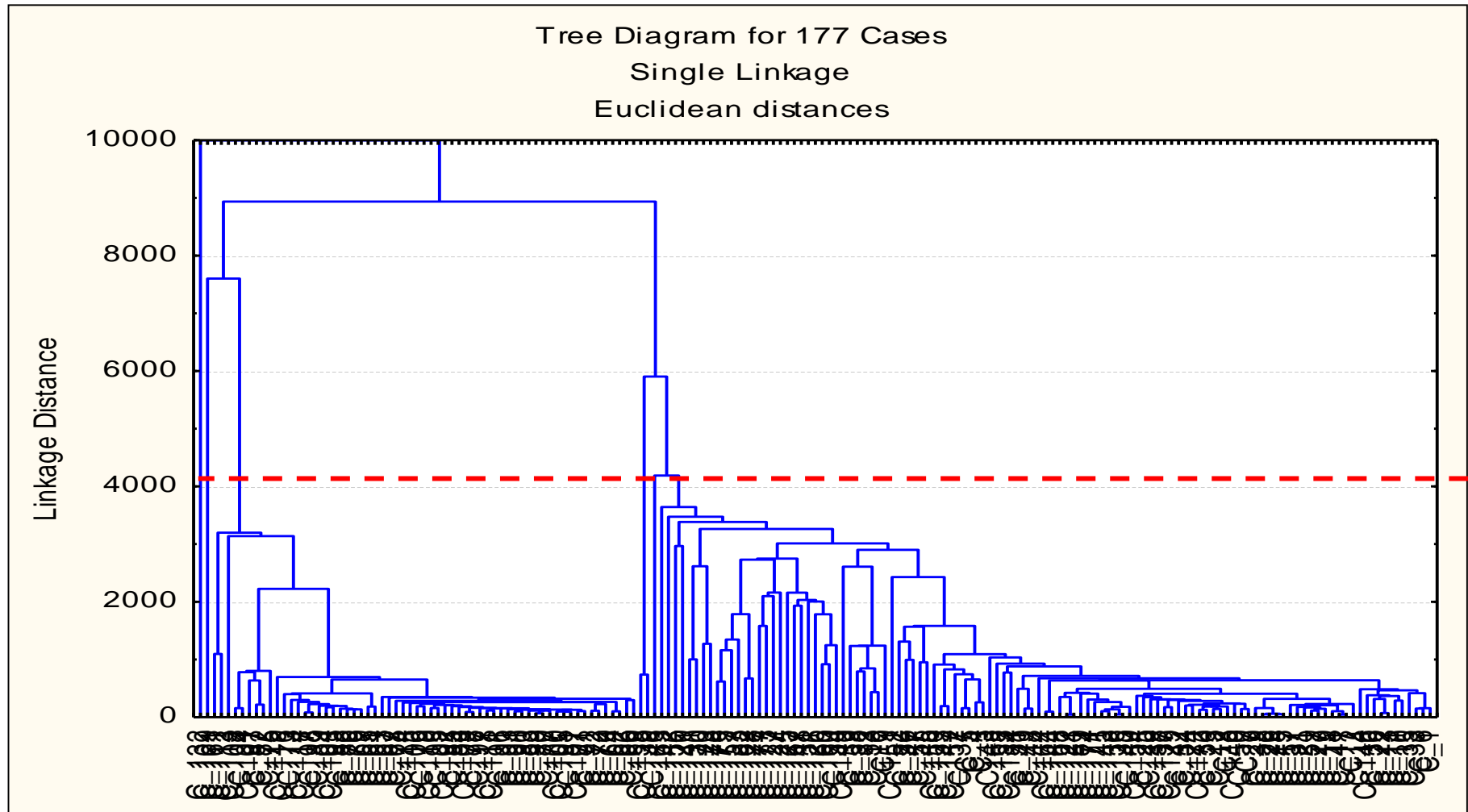


Figure 3-13: Dendrogramme de classification par Dissimilarité

## 4 Discussion général

L'identification de degré de la pollution côtière a partir des rejets industrielle des différentes station (CP1/K, RA1/K et CTE) dans la région de Skikda. A partir de la qualité de l'eau à partir de l'analyse les différentes variables (paramètres physico-chimique) jugés indicateur de la pollution. Il ressort que l'ensemble des paramètres ont été largement un bon indicateur de l'ampleur et amplitude de degré de la pollution des écosystèmes marins.

Pour le paramètre potentiel hydrogène (pH), il a été remarqué que la valeur moyenne oscille autour de 7.70, ce qui coïncide avec les valeurs de guide (Rodier, 1998). Et que on remarque une nette élévation du pH saisonnière qui correspondant à la période hivernale. Ou on note que la station CP1/K présente des valeurs légèrement basiques avec une moyenne de  $8 \pm 0.28$ . Pour la TDS : Les valeurs de la dureté totale, des effluents de la zone industrielle varient entre 186,75mg/l et des valeurs plus de 1999 mg/l avec une moyenne de 1295,33mg/l, ceci peut être expliqué pour le cas d'eaux très dures (ASTM, 1947 ; Rodier, 1998). En ce qui concerne la Conductivité électrique des effluents d'une valeur maximum pour la station (CTE) de 73514,75 $\mu$ S/cm et une valeur minimale de 506 $\mu$ S/cm. Ceci peut être expliqué par la nature et qualité des 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<sup>-</sup>). Ou on note ces valeurs enregistrées révèlent que les trois complexes (RA1/K, CP1/K, CTE) présente une conductivité électrique très élevée due à la charge organique, ce qui coïncide avec les résultats de Chafai, (1996). Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier, 2009).

Pour la Température : L'évolution de la température des eaux est assez remarquable, elle est marquée par un minimum de 9,125 °C et un maximum de 32,50°C. cette valeur dépasse la valeur limite (à 30°C) ce qui coïncide avec les données de (JORA, 2009). La moyenne de la température la plus élevées a été remarqué dans le complexe CP1/K de l'ordre de 24,08°C, cette température est conforme à la température moyenne de la période estivale puis le RA1/K 23,29°C, et la plus faible est celle du CTE 20,42°C. Les valeurs de la température sont élargies d'une station à une autre selon la nature et ampleur de la production, mais reste dans la limite acceptable.

Par ailleurs, Le taux de saturation en oxygène (O<sub>2</sub>%) ou oxygène dissous, présente une moyenne très proche selon les stations dont : le CP1/K représente une moyenne de 55,03%  $\pm$  14,99, RA1/K une moyenne de 51,24%  $\pm$  16,04 et pour la CTE 57,51%  $\pm$  8,80. Ceci s'explique que la solubilité de l'oxygène dans l'eau est un paramètre qui dépend essentiellement de la température. Le plus souvent, avec la température élevée des eaux

## Discussion général

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.

Par contre, Le taux de la turbidité dans les effluents de la zone industrielle Skikda est de valeur moyenne 20,94NTU caractérisé par un minimum de 1,510NTU et un maximum de 269,58NTU. Dont les stations du CP1/K et CTE représentent les moyennes les plus faibles avec 6,59NTU et 10,63NTU respectivement. Ces valeurs sont très importantes et présentent un grand inconvénient pour le bon développement de la vie aquatique (limitation de la pénétration de la lumière et obstruction des branchies des poissons et des bivalves etc.). Ainsi elle limiterait la destruction des coliformes au-delà de 5 NTU en cas de traitement.

Pour 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). Les données montrent que les valeurs enregistrées de la demande chimique en oxygène (DCO) par les différents complexes de la zone industrielle de Skikda, avec une valeur moyenne de 83 mg/l d'O<sub>2</sub>.

Par contre Les valeurs de la demande biochimique en oxygène pour une période de cinq (5) jours sont caractérisées par des fluctuations très importantes, dont on a enregistrées une valeur moyenne de 22,98mg/l d'O<sub>2</sub> et oscillent entre un minimum de 0,500mg/l d'O<sub>2</sub> et un maximum de 87,70mg/l d'O<sub>2</sub>. Cette valeur ne dépasse pas les normes admissibles des rejets industriels limités à 25 mg/l. (JORA ,2006). Qui a été confirmé, ainsi pour le cas des deux stations ou les valeurs moyennes ne dépassent pas la norme. La station CP1/K a une moyenne de 15,52mg/l, CTE 20,43mg/l par contre la station de la raffinerie RA1/K qui dépassent la valeur guide 32,79mg/l.

Pour la MES, dans un but d'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 la zone industrielle de Skikda présente des valeurs importantes s'observant essentiellement durant la période pluvieuse le tableau montre que sa valeur moyenne (69,27mg/l, qui dépasse la valeur limite qui est fixée à 30 mg/l, ainsi qu'une valeur maximal remarquable atteint les 311,17mg/l et qui dépasse de très loin la valeur limite fixée par les textes **(JORA ,2006)**. Cette présence dans les rejets peut compromettre de manière sensible le fonctionnement du réseau **(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**

## Discussion général

1977in Bordjiba et al, 2009 ), tandis que le colmatage défavorise la biodégradation des micropolluants (Bliefert et Perraud, 2001in Bordjiba et al,2009).

La Salinité des effluents de la zone industrielle de Skikda est d'ordre de 22,27‰, elle varie entre 0,025‰ et 47,68‰. La moyenne des salinités mesurées sur les points limitrophes de la RA1/K est (nettement) inférieure à celle des autres complexes par une moyenne de 0,78‰, Puisque Les eaux utilisées au niveau du complexe RA1/k se limitent à des eaux du robinet donc après déminéralisation et traitement au chlore ce qui résulte des faibles teneurs en sels dissous dans les effluents complexe de raffinerie ce qui confirme les résultats de Mezedjri (2008).

Encore moins la  $SO_4^{2-}$ , il a été noté une valeur moyenne de 295.53 mg/l, En général, les sulfures peuvent des valeurs élevées de l'ordre de 328.24 mg/l pour la station RA1/K, comparativement à la station CTE qui présente les valeurs les plus faibles 261.64 mg/l. ceci dit que la nature du raffinage du pétrole peut influencer sur la qualité des eaux de mer.

En ce qui concerne les phosphates  $PO_4^{3-}$ , qui est un élément important pour la vie aquatique. Sa présence naturelle dans les eaux est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Il est admis que des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent présenter un indice de pollution (Rodier, 1998).

Le taux des phosphates dans les effluents de la zone industrielle Skikda est de valeur moyenne 0,25mg/l elles varient entre 0,030mg/l et 0,87mg/l. Ces valeurs sont inférieures aux limites fixées par le décret 06-141, soit 10 mg/l (JORA, 2006). Il peut être dû à l'installation industrielle, les phosphates peuvent avoir comme origine, les traitements des eaux contre la corrosion et l'entartrage ou des adjuvants actifs ajoutées aux détergents. On les compare aux valeurs moyennes des stations qui très proche dont le CP1/K a une moyenne de 0,26mg/l et RA1/K 0,23mg/l ET finalement CTE 0,26mg/l.

Les nitrates ( $NO_3^-$ ) par contre, les effluents rejetés par les différentes plates formes durant notre période d'étude ont des teneurs en  $NO_3^-$  variant entre 0,030mg/l et 205,20mg/l, avec une valeur moyenne de 13,97mg/l, ainsi, pour les stations on note des moyennes approximative a cette dernière pour le CP1/K 17,66mg/l, RA1/K 13,95mg/l et CTE 10,25 mg/l. Sachant que les nitrates participent aux phénomènes d'eutrophisation en période de faible oxygénation (Surtout en période printanière et estivale), ce qui explique les résultats obtenus pour les nitrates, et peuvent aussi jouer un rôle de donneur d'oxygène pour éviter l'anaérobiose (Rodier, 1998 ; Bliefert et Perraud, 2001).

## Discussion général

Par ailleurs, les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont absents ou très peu présent dans les eaux non polluées et dans les zones autoépuration active avec des teneurs très faibles de l'ordre de 0,01 mg/l (**Rodier, 1998**). En dessous de cette valeur on parle d'eau pure. Dans notre cas des étudiées au niveau des trois complexes, et durant la saison des grandes pluies on enregistre des valeurs de l'ordre de 0 mg/l. Ces eaux sont sous l'action d'une autoépuration active. Notre valeur moyenne est de l'ordre de 0,37 mg/l ce qui qualifie par une pollution sensible. Cette pollution devient significative au delà de 1 mg/l durant la saison des grandes chaleurs. Ce qui a été affecter a la CTE on remarque la plus grande valeur par une moyenne de 0.87 mg/l, puis le CP1/K 0.4mg/l et en fin RA1/K avec une moyenne de 0.27mg/l.

Et finalement, les hydrocarbures : Les concentrations des hydrocarbures totaux enregistrées pour les trois complexe de la zone industrielle de SKIKDA, dont la valeur moyenne enregistrée est de 19,35mg/l, et la valeur maximale atteint 102 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. Ainsi valeurs des stations sont significatif et dépasse le seuil de la norme Algérienne.

## Conclusion générale

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que l'objectif principal de ce travail est l'étude de la qualité des effluents issus du pôle pétrolier de Skikda (CP1/K, RA1/K, CTE), et cela par le contrôle d'effluents liquides industriels rejetés, à l'aide de prélèvements spatio-temporels d'échantillons prélevés, notamment, par l'analyse Physico-chimique (T°C, pH, conductivité...), ainsi que les Hydrocarbures ce qui nous a permis d'établir un diagnostic préliminaire sur la qualité d'effluents rejetés et par conséquent leurs impacts sur l'écosystème aquatique et côtier.

Les principaux résultats obtenus par l'analyse Physico-chimique et les différentes méthodes statistiques, ont permis de conclure que : Dans un premier temps, la description des données obtenues montre que les effluents des trois stations généralement hors classe, les concentrations dépassent les seuils limites fixées par la réglementation en vigueur, ce qui révèle que les stations pétrochimiques présentent une pollution chimique accentuée.

La majorité des paramètres représentent une corrélation significative entre eux, autrefois les Hydrocarbures considérant le cas échéant car ne représente aucune signification avec les autres paramètres, seulement qu'avec elles-mêmes. Quant à l'absence de différences significatives entre les stations, pour les hydrocarbures, n'exclue pas que ce paramètre peut avoir des teneurs dangereuses et nuisibles pour les organismes marins, on a enregistré des teneurs qui dépassent les valeurs limites durant tout le cycle de notre étude, ces limites étaient édictées par le décret 06-141 (**JORAD, 2006**).

L'utilisation du modèle linéaire généralisé dans l'analyse de la variance à un critère de classification du modèle fixe ANOVA un seul facteur , que ce soit pour les données de chaque année séparément ou pour l'ensemble de données de six ans, fait apparaître des différences hautement significatives, entre la plupart des paramètres, interstations et dates.

A partir de la comparaison due aux traitements chimiques et de modèles statistiques, l'indicateur le plus significatif est la salinité car elle présente une différence selon les échantillons de même site, et en comparaison avec ceux des autres stations.

Ces résultats précédents montrent bien, l'intérêt de l'implantation de ces complexes pétroliers pour remédier à l'économie internationale. Néanmoins, en analysant les données prélevées des rejets issus de raffinage, il faut avoir une préoccupation particulière concernant les répercussions sur l'environnement.

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.

Le but de notre étude c'est d'accorder à considérer l'industrie comme le principal polluant qui suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle régionale, nationale, et mondiale.

En effet, la protection efficace de l'environnement marin implique une mise en œuvre d'un concept de sécurité perpétuelle, et ce par la prise en compte des 3 domaines interdépendants : prévention, préparation et intervention. Entre autre le concept de développement durable implique 5 dimensions de durabilité : la dimension économique, sociale, écologique, culturelle et politique.

Sachant que les effluents sont des polluants nocifs sur l'écosystème marin (Hydrosphère), or la protection de notre zone côtière est un devoir collectif et majeur, toutefois notre pays possède une façade maritime et une vie marine diversifiées dont elle devra être à l'abri de tout effet nuisible affectant le système fauno-floristique. Pour cela il faudrait mettre en œuvre une politique susceptible à la protection de l'environnement via :

- Sensibilisation et éveil de la conscience environnementale.
- Création d'une banque de données environnementales.
- Renforcer la juridiction édictée à un environnement meilleur.
- Formation qualitative et adéquate ainsi qu'une remise à niveau continue du personnel (qualifié, communicatif, informatif et motivé).
- Moyens matériels appropriés.
- Utilisation la disciplines de la télédétection à fin de remédier aux différents problèmes environnementaux.

## Références bibliographiques

- ACOURENE S., BELGUEDJ M., TAMA M., et al., (2001).** Caractérisation évaluation de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région du Ziban. *Recherche agronomique*, n°08, 39 p.
- AFNOR (1979).** Agence française de normalisation. *Recueil de normes françaises*. Eaux, Méthode d'essais, 426 p.
- ALILI, D. E. (1988).** *Contribution à la systématique des Solénidés (Poissons, Téléostéens) d'Algérie*. Thèse magister. Taxinomie numérique et génétique biochimique. Algérie : USTHB, 160 p.
- ANPE (1994).** *Monographie de la wilaya de Skikda*. Skikda : agence national pour la protection de l'environnement. 220 p.
- ASTM (1974).** *Anal book of American society for testing and material Standards*. water. Part 31, 280 p.
- BERNE F., CORDONIER J., (1991).** *Traitement des eaux*. ecole nationale supérieure du pétrole et des moteurs. Paris: Technip. 306 p.
- BOTTA A., BELLON L., (2001).** *Pollution de l'eau et santé humaine*. France : Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-méditerranéen tethys, n°07, 279 p.
- BLIEFERT C., PERRAUD R., (2001).** *Chimie de l'environnement. air, eau, sol, Déchets*. Bruxelles : De Boeck, 477 p.
- BORDJIBA O., BEKHOUCHE F., HASSAINE A., et al., (2009).** *Impact de la Pollution Par Les Hydrocarbures Sur la Qualité des Eaux Usées Dans la Région de Skikda (Nord- Est Algérien)*. Thèse de doctorat .Skikda : Université 20 aout 1955, 320 p.
- BOUKADOUM A., (2011),** *Evaluation et risque de la pollution par les effluents liquides industriels du pole pétrochimique de Skikda*, Mémoire de magister. Risque technologique et environnemental. Skikda : Université du 20 Aout 1955, 108 p.
- DALEMONT D., (1998).** *Hydrocarbures energies et environnement*. Paris : somogy. 96 p.
- DERMOUCHE F., (2007).** *Hygiene securite environnement*. 15-17 Juin 2007 Boumerdes : institut Algérien du pétrole, 577 p.
- DJILANI C., (2006).** *Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda*, Mémoire de magister. Environnement. Skikda : Université 20 aout 1955, 143 p.
- EMILIAN K., (2004).** *Traitement des pollutions industrielles: eau, air, déchets, sols, boues*. 1<sup>e</sup> éd. Paris : Dunod. 350 p.

- EMILIAN K., (2009).** *Traitement des pollutions industrielles: eau, air, déchets, sols, boues*, 2<sup>e</sup> éd. Paris : Dunod. 313 p.
- FERRITO V., (2007).** *Researcher of comparative anatomy*. Italie : Catania Pub. 127 p.
- GOURENE G., (1988).** *Révision systématique des Clupeidae d'eau douce du Centre Africain : morphologie, biométrie, ostéologie et zoogéographie des genres Pellonula, Odaxo thrissa, Cynothrissa, Poecilothrissa et Microthrissa*. Thèse de doctorat. Toulouse : Institut national polytechnique, 288 p.
- GUEDDAH D., (2003).** *Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda (impact sur l'écosystème marin côtier)*. Mémoire de magister. Sciences de la mer. Annaba : Université de Badji Mokhtar, 145 p.
- IE. (1998).** Situation sur l'état de l'environnement dans la wilaya de Skikda : rapport annuel. document non publié. Skikda : Inspection de l'environnement de la wilaya de Skikda.
- IHSSEN P. E., BOOKE H. E., CASSELMAN J. M., et al., (1981).** Materials and methods. In : **IHSSEN P. E.** *Fisheries and aquatic sciences*. Canada : Canadian journal, 1838-1855 p.
- JORAD, (2006).** Décret ministériel n°06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. journal officiel de la république Algérienne. N°06-141, 3 p.
- 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)*. Mémoire d'Ingénieur. Skikda : Université de Skikda, 60 p.
- MECHATI F., (2006).** *Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de Skikda*. Mémoire de magister. Skikda : Université de Skikda, 85 p.
- MEINCK F., STOOFF H., KOHLSCHÜTTER H. (1977).** *Les eaux résiduaires industrielles*. 2<sup>e</sup> éd. Paris : Masson. 863 p.
- MEZEDJRI L., (2008).** *Modélisation de l'impact de la pollution industrielle hydrique dans le Golfe de Skikda (Littoral Est algérien)*. Thèse de doctorat. Sciences de la Mer. Annaba : Université de Badji Mokhtar, 237 p.
- MIZI F., (2006).** *Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaïa et valorisation des déchets oléicoles*. Thèse de doctorat. Sciences de la mer. Annaba : Université de Badji Mokhtar, 275 p.
- MOHAMED BEN ALI R., (2014).** *Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda*. Thèse magister. ecologie et environnement. Constantine : Université constantine, 1-228 p.

**O.N.M (2012).** Office national de la météorologie. *unité du port de Skikda*. 18 p.

**PETER J. T., BIGGS J. S., WEEIR L. K., et al., (2003).** Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal North eastern Australia-Agriculture. *World journal of microbiology and biotechnology*, Mai 2016. [en ligne]. [consulté le 20/04/2016].disponible sur le [https://www.researchgate.net/publication/303806549\\_Methylotrophic\\_bacteria\\_in\\_sustainable\\_agriculture](https://www.researchgate.net/publication/303806549_Methylotrophic_bacteria_in_sustainable_agriculture)

**PRICHARD E., (1995).** *Quality in the analytical laboratory*. Chichester : john wiley & sons Ltd. 307 p.

**QUEVAUVILLER, PH., (2001).** *Métrologie en chimie de l'environnement*.paris : tec & doc. 257 p.

**RODIER, J., (2009).** *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 9<sup>e</sup> éd. Paris : Dunod. 1377 p.

## ANNEXE 01

**Tableau I** : tableau des moyennes selon les stations

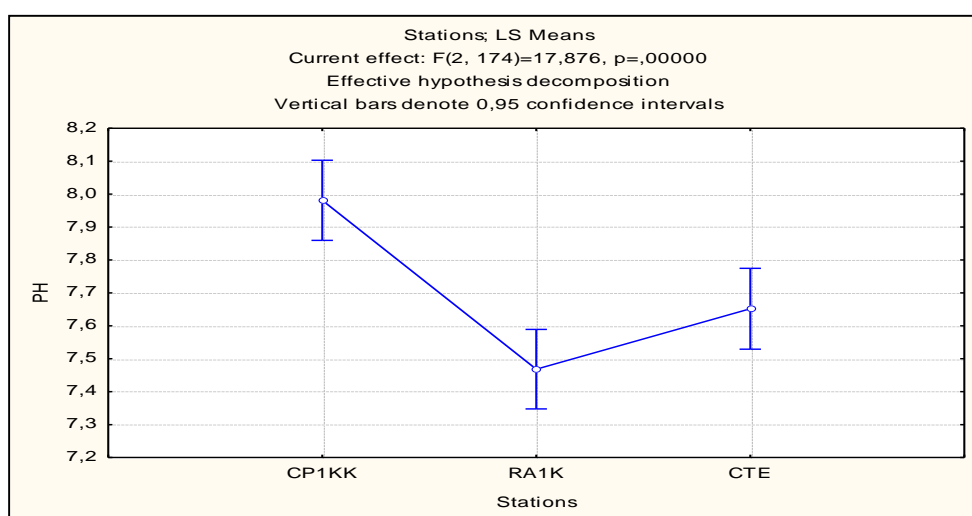
Stations	CP1/K		RA1/K		CTE	
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type
PH	7,98	0,28	7,47	0,32	7,65	0,71
TDS (mg/l)	1879,61	355,65	422,28	198,54	1604,12	690,02
COND ( $\mu$ S/cm)	57188,9	2756,85	956,58	686,77	45057,28	12657,89
T (°C)	24,08	5,92	23,29	8,19	20,42	5,04
O <sub>2</sub> dissous (%)	55,03	14,99	51,24	16,04	57,51	8,8
TUR (NTU)	6,59	9,51	45	47,6	10,63	10,93
DCO (mg/l)	60,124	12,0993	61,143	117,361	71,936	13,2202
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	15,52	22,17	32,79	23,37	20,43	22,45
MES (mg/l)	77,17	47,17	68,05	58,3	62,51	49,53
SAL (‰)	36,87	3,69	0,78	2,93	29,65	6,67
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ( mg/l)	295,58	403,85	328,24	418,74	261,64	376,59
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,26	0,29	0,23	0,27	0,26	0,29
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	17,66	32,13	13,95	21,43	10,25	29,96
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,28	0,21	0,21	0,37	0,38	0,2
HC (mg/l)	17,77	15,41	17,91	13,71	21	14,05

## Annexe ANNEXE 02

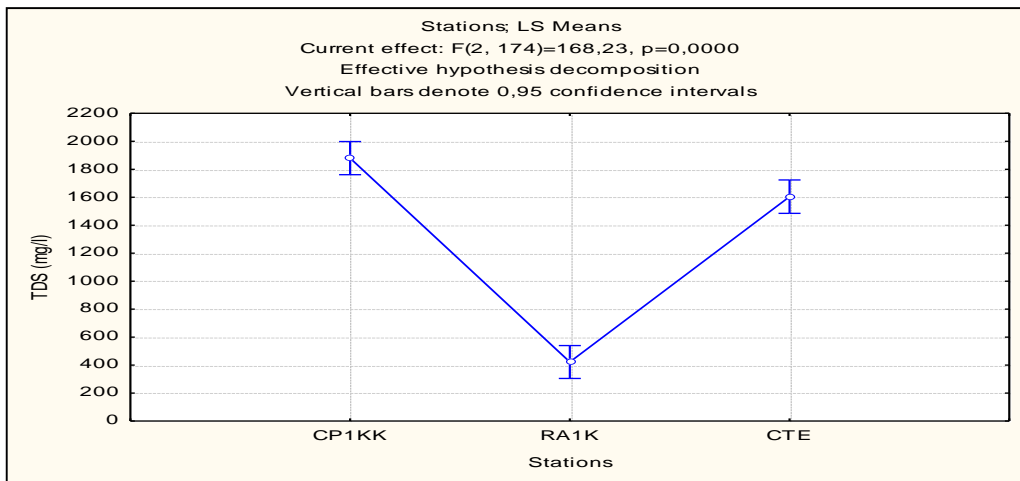
**Tableau I** : Signification des variables pour Sigma-restricted parameterization.

Cas station	SS	DDL	MS	F	P	Signification	
pH	8,02	2	4,01	17,88	0,000000	****	HS
TDS	71404601	2	35702301	168,226	0,00	****	HS
COND	1,043251E+11	2	5,216253E+10	944,570	0,00	****	HS
Température	1387,7	2	693,9	4,7565	0,009745	****	MS
O2 dissous	1181,6	2	590,8	3,129	0,046223	****	S
TUR	53063,9	2	26531,93	31,65993	0,000000	****	HS
DCO	500901	2	250450	0,16306	0,849672		NS
DBO <sub>5</sub>	9442,73	2	4721,37	9,1357	0,000169	****	HS
MES	6427,3	2	3213,6	1,1857	0,307980		NS
SAL	43457,16	2	21728,58	983,028	0,00	****	HS
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	130792	2	65396	0,40564	0,667179		NS
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,03844	2	0,01922	0,2410	0,786067		NS
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1603,7	2	801,83	1,00264	0,369021		NS
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1221,4	2	610,7	0,6648	0,515672		NS
HC	306,16	2	153,08	0,6177	0,540338		NS

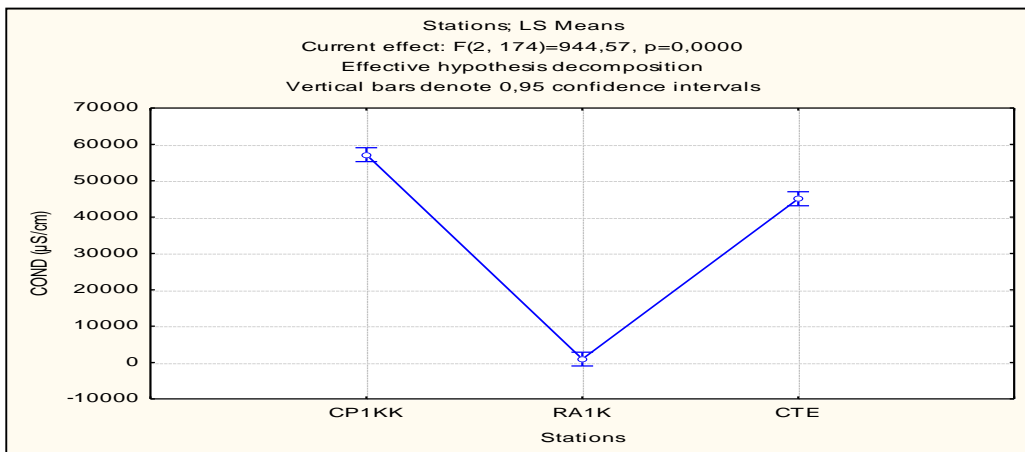
Seuil de signification :  $p < 0.001$  HS,  $p < 0.01$  MS,  $p < 0.05$  S,  $p \geq 0.05$  NS.



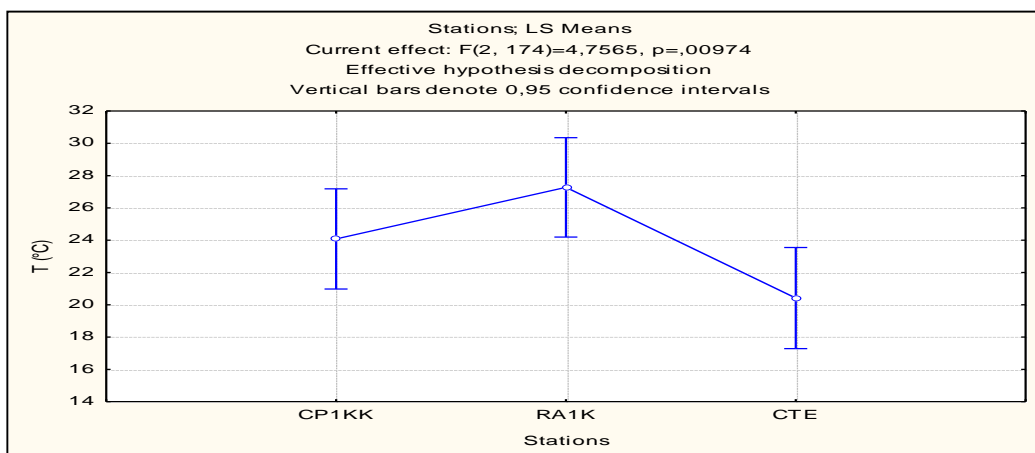
**Figure 1** : Schémas représentative de la variable pH en fonction des stations.



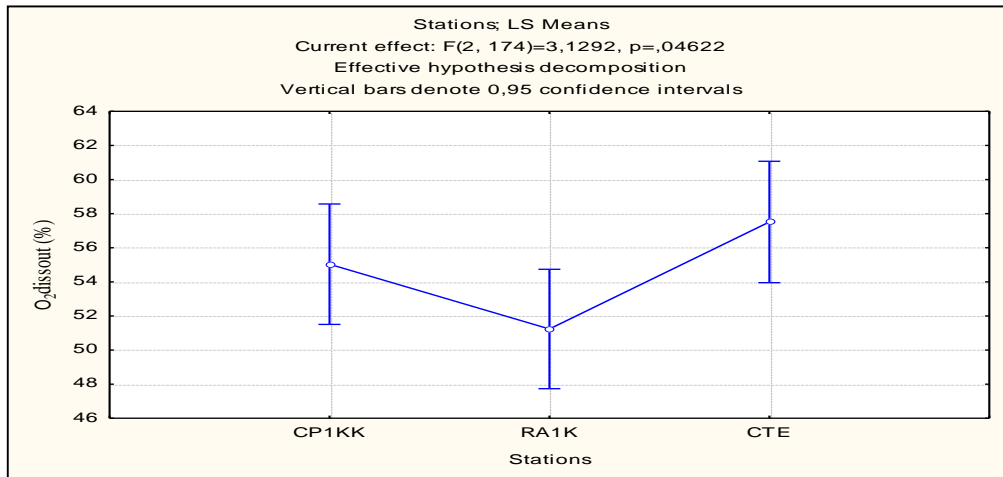
**Figure 2** : Schémas représentative de la variable TDS en fonction des stations.



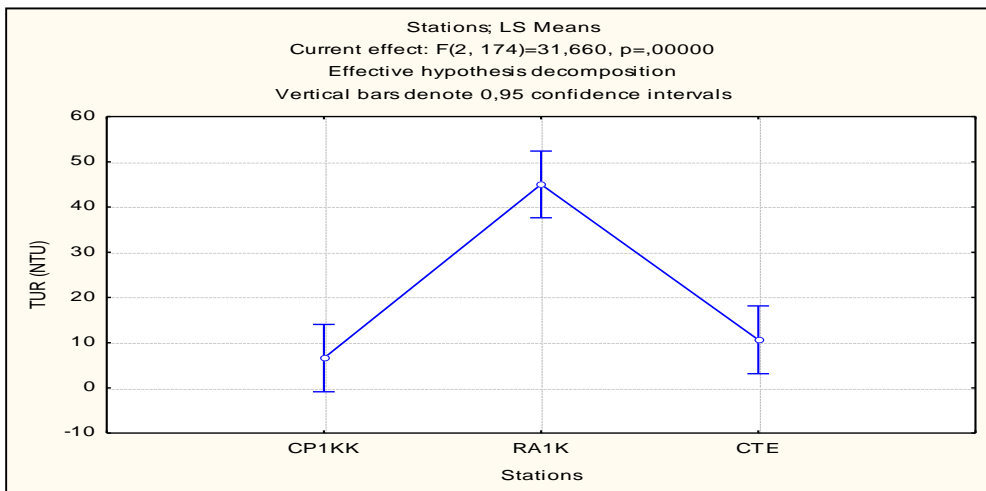
**Figure 3** : Schémas représentative de la variable COND en fonction des stations.



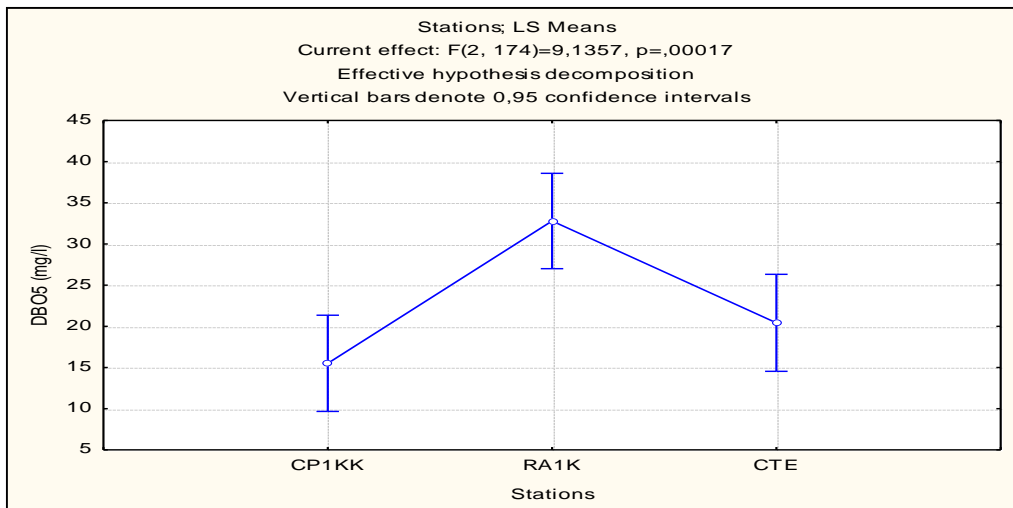
**Figure 4** : Schémas représentative de la variable température en fonction des stations.



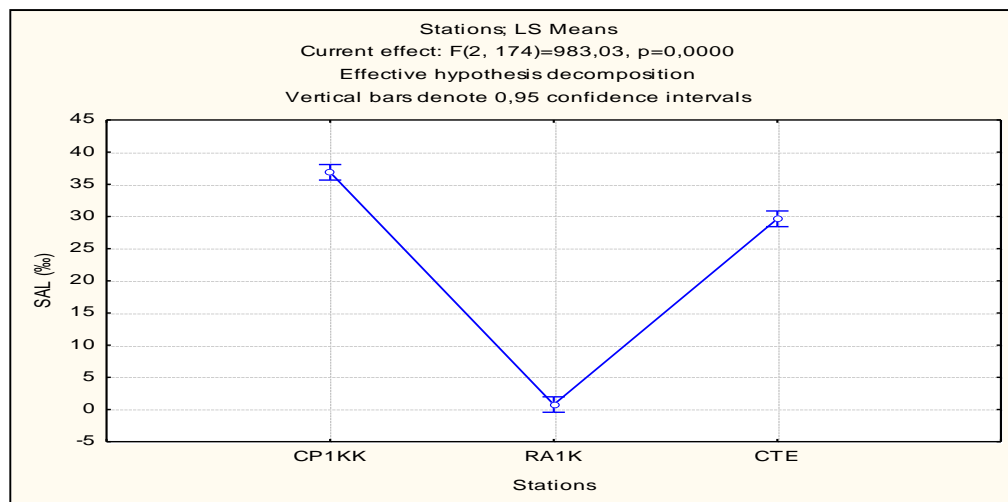
**Figure 5** : Schémas représentative de la variable O<sub>2</sub> dissout en fonction des stations.



**Figure 6** : Schémas représentative de la variable TUR en fonction des stations.



**Figure 7 :** Schémas représentative de la variable DBO<sub>5</sub> en fonction des stations.

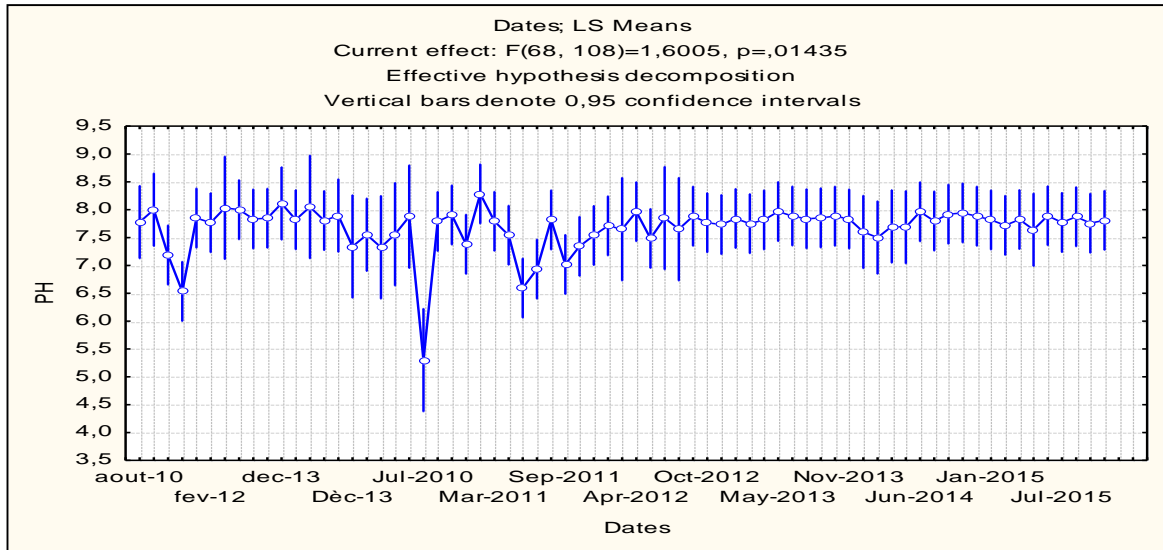


**Figure 8:** Schémas représentative de la variable SAL en fonction des stations.

**Tableau II :** Signification des variables pour Sigma-restricted parameterization.

Cas Dates	SS	DDL	MS	F	P	Signification	
pH	23,626	68	0,347	1,60	0,014348	****	MS
TDS	22090166	68	324855	0,4068	0,999950		NS
COND	1,273097E+10	68	1,872201E+08	0,1998	1,000000		NS
Température	10412,55	68	153,13	1,0110	0,473505		NS
O <sub>2</sub> dissous	14962,1	68	220,0	1,246	0,152414		NS
TUR	52040,1	68	765,29	0,56287	0,994293		NS
DCO	119012292	68	1750181	1,27076	0,132078		NS
DBO <sub>5</sub>	36782,45	68	540,92	0,9334	0,616459		NS
MES	174250,5	68	2562,5	0,9111	0,657632		NS
SAL	4984,62	68	73,30	0,1871	1,000000		NS
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10668324	68	156887	0,96743	0,553303		NS
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5,173939	68	0,076087	0,9406	0,603279		NS
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	49435,17	68	726,99	0,85978	0,747689		NS
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	62300,3	68	916,2	1,0020	0,489817		NS
HC	18112,90	68	266,37	1,1365	0,273554		NS

Seuil de signification :  $P < 0.001$  HS,  $P < 0.01$  MS,  $P < 0.05$  S,  $P > 0.05$  NS.



**Figure 9 :** Diagramme d'effectifs temporels de la variable pH.

**Tableau I :** Newman-Keuls test; variables Homogenous Groups, alpha = 0,05.

pH	Stations	pH	1	2	3
2	RA1K	7,468333	****		
3	CTE	7,651897		****	
1	CP1KK	7,981299			****
TDS (mg/l)	Stations	TDS (mg/l)	1	2	3
2	RA1K	422,281	****		
3	CTE	1604,121		****	
1	CP1KK	1879,606			****
COND (µS/cm)	Stations	COND (µS/cm)	1	2	3
2	RA1K	956,58	****		
3	CTE	45057,28		****	
1	CP1KK	57188,90			****
T (°C)	Stations	T (°C)	1	2	
3	CTE	20,41588	****		
1	CP1KK	24,07895	****	****	

2	RA1K	27,27251		****	
O <sub>2</sub> dissous (%)	Stations	O <sub>2</sub> dissous (%)	1	2	
2	RA1K	51,23681	****		
1	CP1KK	55,03390	****	****	
3	CTE	57,51282		****	
TUR (NTU)	Stations	TUR (NTU)	1	2	
1	CP1KK	6,58660	****		
3	CTE	10,63164	****		
2	RA1K	45,00431		****	
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Stations	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	1	2	
1	CP1KK	15,51569	****		
3	CTE	20,42796	****		
2	RA1K	32,79304		****	
SAL (‰)	Stations	SAL (‰)	1	2	3
2	RA1K	0,77618	****		
3	CTE	29,64728		****	
1	CP1KK	36,87294			****

**Tableau II :** Newman-Keuls test; variable (pH) Homogenous Groups, alpha = 0,05.

	Dates	pH	1	2
21	Jul-2010	5,300000	****	
4	août-11	6,533333		****
28	May-2011	6,593333		****
29	Jun-2011	6,933333		****
31	Sep-2011	7,016667		****
3	fév-11	7,186667		****
18	févr-15	7,325000		****
...	La suite des dates	7,3—8.28		****



Image de pH-mètre de la marque HANNA (HANNA Hi 9811-5).



Image d'oxymètre de marque HANNA type HANNA Hi2400.



Image du spectrophotomètre de marque MERCK type PHARO 300



Image de sondes de terrains marque WTW type cond 197i



Image du dispositif de mesure du DBOs de marque WTW type *OxiTop*®



Image de dispositif de marque HORIBA type OCMA-310.



Image de turbidimètre de marque Eutech instruments type TN-100

## Suivi environnementale de la qualité des eaux adjacentes a une station de production pétrochimique (Cas de Skikda Est du bassin Algérien)

### Résumé

L'étude rétrospective de la zone industrielle de Skikda concerne l'analyse des paramètres Physico-chimiques ( $T^{\circ}$ , pH, C.E, MES, TUR, TDS,  $O_2$  Dissous, DCO, SN) et les Hydrocarbures sur la côte limitrophe du complexe pétrolier. Ainsi, des prélèvements d'eau réalisés d'une façon hebdomadaire durant les derniers six ans. L'application des méthodes d'analyses statistiques ACP et CAH sur les résultats Physico-chimiques ont montré que ces paramètres étudiés influencent totalement sur la qualité des masses d'eau, pour les tests liés à l'ANOVA réalisés pour la comparaison des moyennes démontrent qu'il existe des différences significatives pour l'ensemble des variables étudiées le long des points de rejets.

**Mots clés :** Pétrochimie, Environnement, Effluents, Eau de mer.

### Summary

The retrospective study of the industrial zone of Skikda for the analysis of Physico-chemical parameters ( $T^{\circ}$ , pH, C.E, MES, TUR, TDS, Dissolved  $O_2$ , COD, SN) and hydrocarbons on the adjacent side of the oil complex. Thus, water withdrawals a weekly basis during the last six years. The implementation of ACP statistical analysis methods on the Physico-chemical results showed that these parameters influence are studying entirely on the quality of water bodies, For tests related to the ANOVA conducted for the comparison of averages shows that there are significant differences for all the variables studied along the discharge points.

**Keywords:** Petrochemicals, Environment, Effluents, Seawater.

### المخلص

الدراسة الرجعية للمنطقة الصناعية في سكيكدة في ما يخص المعلمات الفيزيوكيميائية (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الناقل الكهربائي، المواد العالقة، عكر، مستويات الأملاح الذائبة،...) و المواد الهيدروكربونية في المنطقة المحاذية للمجمع البترولي. حسب أن نتائج العينات المأخوذة من طرف المختبر المختص طيلة ست سنوات سمحت بدراسة إحصائية لهذه النتائج التي أكدت على وجود تأثير من طرف المعلمات فيزيوكيميائية سالفة الذكر على المحيط البحري المجاور للمركب كذا استعمال طرق أخرى قصد المقارنة ما بين المعلمات أيضا لتأكيد فرضيات الانطلاق.

المصطلحات: البتروكيمياويات والبيئة و النفايات السائلة ، لمياه البحر .