

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Badji Mokhtar – Annaba
Département des Sciences de la Mer



Laboratoire d'Eco biologie
des Milieux Marins et Littoraux

Année 2003

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER en Sciences de la Mer

Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda : impact sur l'écosystème marin côtier.

Option : Ecosystèmes côtiers et ressources vivantes.

Par Doria GUEDDAH

DIRECTEUR DE MEMOIRE

D^r Abdallah Borhane DJEBAR Professeur Université Badji Mokhtar Annaba

DEVANT LE JURY

PRESIDENT :

D^r Mourad BENSOUILAH Professeur Université Badji Mokhtar Annaba

EXAMINATEUR :

D^r Nour-eddine AOUF Professeur Université Badji Mokhtar Annaba

TABLE DES MATIERES

Introduction	08
I. Généralités	
I.1. Etude descriptive de la région de Skikda	12
1. Facteurs physiques.....	12
2. Facteurs anthropogéniques.....	18
I.2. Revue sur les principaux types de polluants	24
1. Polluants micro-biologiques.....	25
Définitions	
1.1.1. Les coliformes totaux	25
1.1.2. Les coliformes fécaux	26
1.1.3. Les streptocoques fécaux.....	26
Origine.....	26
.....	26
Devenir	27
.....	27
Réglementation.....	27
.....	28
2. Polluants organiques : les hydrocarbures totaux	29
2.1. Définition	29
2.2. Origine	32
2.3. Sources de pollution par les hydrocarbures	34
2.4. Devenir	36
2.5. Impact	36
2.6. Lutte et réglementation	36
3. Polluants métalliques : les métaux lourds	37
3.1. Définition	37
3.1.1. Cadmium	37
3.1.2. Fer	37
3.1.3. Mercure	38
3.1.4. Nickel	38
3.1.5. Plomb	38
3.1.6. Zinc	38

3.1.7. Chrome	
3.1.8. Cuivre	
3.1.9. Manganèse	
3.2. Devenir	39
3.3. Toxicité et impact.....	40
3.4. Normes de qualité.....	41

II. Matériel et méthodes

II. 1. Présentation de la zone d'étude

Localisation

1. Commune de Filfila	42
2. Commune de Ben Mhidi	42
3. Commune de Skikda	42
3.1. Zone industrielle	44
3.2. Ports de commerce	44
3.3. Oued Safsaf	44
3.4. Les plages	44
3.5. Point chaud	45
3.6. Point de référence	45
4. Commune de Stora	45
4.1. Port de pêche	45
4.2. Les plages	45
5. Commune de Ain Zouit	45

Infrastructures

1. Infrastructures industrielles	45
Centrale	therm 46
.....	46
Complexe de liquéfaction du gaz	(G) 48
.....	50
Complexe pétrochimique	(C) 51
.....	52
Complexe de raffinage	(R) 52
.....	54
ENAMARBRE	55
.....	60
.....	60
.....	60

2. Infrastructures Portuaires	
Port mixte (ancien port)	
Nouveau port	
Port de pêche de Stora	

II. 2. Etude expérimentale

1. Caractéristiques physico-chimiques	
Sites et techniques d'échantillonnage	
Analyse des échantillons	
2. Polluants bactériologiques	61
Sites et techniques d'échantillonnage	61
Analyse des échantillons	63
Analyse des échantillons	68
Analyse des échantillons	68
3. Polluants organiques : les hydrocarbures totaux	69
Sites et techniques d'échantillonnage	71
Analyse des échantillons	71
Analyse des échantillons	71
4. Polluants Métalliques : les métaux lourds	
Sites et techniques d'échantillonnage	75
Analyse des échantillons	75
Analyse des échantillons	75
Analyse des échantillons	77

III. Résultats	78
1. Caractéristiques physico-chimiques	78
1.1. Température	
1.2. pH	
1.3. Salinité	78
1.4. Oxygène dissous	81

1.5.	Conductivité électrique	
1.6.	Potentiel REDOX	
2.	Paramètres micro biologiques	
2.1.	Coliformes totaux	
2.1.1.	Variation spatiale	
2.1.2.	Variation temporelle	
2.2.	Coliformes fécaux	
2.2.1.	Variation spatiale	
2.2.2.	Variation temporelle	
2.3.	Streptocoques fécaux	
2.3.1.	Variation spatiale	
2.3.2.	Variation temporelle	
3.	Polluants organiques : les hydrocarbures totaux	
3.1.	Variation Spatiale	
3.2.	Variation temporelle	
4.	Polluants métalliques : les métaux lourds	
IV.	Interprétations et discussion	
V.	Conclusion et perspectives	
	Annexes.	

REMERCIEMENTS

Mes vifs remerciements vont vers le Docteur Mourad Bensouilah, Professeur au département des Sciences de la Mer à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury, pour son amabilité et son aide attentive.

Mes remerciements vont également vers le Docteur Nour-eddine Aouf, Professeur au département de Chimie et président du Conseil Scientifique de la Faculté des Sciences de l'Université Badji Mokhtar d'Annaba pour avoir accepté de juger mon travail.

Mes remerciements vont pareillement vers mon directeur de mémoire ; le Docteur Abdallah Borhane Djebbar, Professeur au département des Sciences de la Mer à l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, pour avoir dirigé mes travaux de recherche, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Par ailleurs, ce travail n'aurait pas vu le jour sans la collaboration d'un grand nombre de personnes envers qui, j'exprime toute ma gratitude.

Je remercie particulièrement M. Laïdi Souames, Directeur de l'Exploitation au sein de l'Entreprise Portuaire de Skikda (E.P.S) et ancien maire de la ville de Skikda, pour m'avoir ouvert ses portes.

Je ne saurais trop remercier M. Azzedine Hachani, Directeur du remorquage (E.P.S), pour son assistance chevronnée et pour m'avoir parrainé tout en me permettant de faire des rencontres très fructueuses. Puisse-t-il trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Ma reconnaissance la plus sincère va vers M. Lamine Boukoffa responsable du Laboratoire d'Etudes Maritimes (L.E.M, Annaba) pour m'avoir fait bénéficier de son expérience, pour sa sollicitude et son amabilité. Qu'il trouve ici, l'expression de ma parfaite reconnaissance.

Je remercie M^{me} Bérérêche de l'Agence Nationale de la Protection de l'Environnement (A.N.P.E) de Skikda pour son précieux soutien ainsi que pour sa gentillesse.

J'exprime mes remerciements les plus chaleureux pour tout le personnel du SEMEP où j'ai pu faire mes dosages micro-biologiques, Particulièrement M. Nabil Manaa, Chef du Service, pour sa contribution au bon déroulement de mon travail, M^{me} Daaci Chahra, pour m'avoir permis de travailler dans de bonnes conditions ainsi que pour sa gentillesse et sa bonne humeur enfin, je ne peux oublier M. Yazid, pour l'intérêt qu'il a manifesté pour ma recherche ainsi que pour son aide. Qu'ils trouvent ici l'assurance de toute ma gratitude.

Les dosages des hydrocarbures et des métaux lourds n'auraient pas pu être réalisés au niveau du laboratoire de la RA1/K sans l'aide et la compréhension de M. Zaouali, Chef de Service du Laboratoire et la participation active de M. Djaballah et M. Bourbii, envers qui je suis très reconnaissant. Je remercie également M^{me} Djemai pour sa courtoisie réconfortante.

Je remercie tout particulièrement mon oncle Hocine Gueddah, pour m'avoir ouvert les portes de la RA1/K tout en m'assurant une aide matériel et morale.

Je remercie M^{lle} Sonia Rouidi pour m'avoir offert une aide à laquelle je suis particulièrement reconnaissant ainsi que pour ses multiples conseils qui ont été souvent assez déterminants.

Je ne saurais trop remercier mon futur époux, pour ses innombrables aides sans lesquels je n'aurais jamais pu avancer dans ma recherche, pour sa compréhension et ses encouragements. Puisse-t-il trouver ici le témoignage de ma profonde gratitude et de ma tendre affection.

Enfin, je ne saurais oublier, mes parents, ma sœur Férial et mes deux frères Anis et Idris pour les si nombreux sacrifices qu'ils ont consentis pour moi ainsi que pour leur soutien. Puisse-t-ils trouver ici l'expression de ma profonde gratitude et de mes sentiments les plus affectueux.

SUMMARY

In Algeria, the multi-field and interdepartmental vocation, as well as the geographical dimension of the task which includes 14 coastal wilayas along 1200Km, make particularly difficult the analysis, the collection and the presentation of the data necessary to the good unfolding of the programme of monitoring of the quality of water of the littoral, from where thus need for reinforcing and for improving the inspection network and for standardizing the methods of analysis and the data.

What is concerned, it is in particular; to preserve a fragile littoral and an ecosystem and this, by the constant search of a right balance and a major rehabilitation of the man as actor and recipient of the effects which are expected from it.

The fight against the risks of pollution is of capital importance in order to minimize the negative impacts on an already fragile economy and the coastal and marine ecosystems. Regarded as the key space of the adjustment of the totality of the own territory, the littoral summarizes the problems of the environment, installation and the durable development; civilization saw from now on a race speed with its marine environment.

Located at the East of the Algerian littoral with 130 km of coasts, the golf of Skikda is a marine ecosystem whose biotic environment answers various variations (climatic, humaines).

The industrialization of Skikda remains the most important advent of the area. Indeed, in addition to its agricultural potential, Skikda is a large industrial pole of national importance dominated by the petrochemical complexes. Considering the essence of its economic capacity (Production facilities, commercial port, port specialized out of hydrocarbons) is concentrated in the littoral zone, the area of Skikda (coastal ecosystem) is subjected at the risks of pollution being able to generate various degradations, even if the services of the environment remain vigilant.

Our study, led into 2002, related to an evaluation of the pollution of the coastal zone of the area of Skikda using space-time taking away of samples of water and sediment sailors. In particular, by the bacteriological analysis (Coliformes totals, coliformes fecal, streptocoques fecal), physicochemical (T°C, pH, conductivity), and organics (total hydrocarbons) of surface marine water as well as the analysis of the contents of heavy metals of the surface sediment.

The results of analysis obtained, enabled us to highlight concentrations high of pollutants, exceeding by far the limiting values fixed by the regulation in force (Algerian) as well as nona conformity with this same regulation for certain urban and industrial effluents Virgin zones deprived of all pollution were also underlined.

Key - words: pollution, littoral, Skikda, bacteriology, hydrocarbons, heavy metals.

RESUME

En Algérie, la vocation pluridisciplinaire et interministérielle, ainsi que la dimension géographique de la tâche qui englobe 14 wilayas côtières le long de 1200Km, rendent particulièrement difficile l'analyse, la collecte et la présentation des données nécessaires au bon déroulement du programme de surveillance de la qualité des eaux du littoral, d'où donc la nécessité de renforcer et d'améliorer le réseau de surveillance et d'uniformiser les méthodes d'analyse et les données.

Ce qui est en jeu, c'est notamment ; de préserver un littoral et un écosystème fragiles et ce, par la recherche constante d'un juste équilibre et d'une réhabilitation profonde de l'homme comme acteur et bénéficiaire des effets qui en sont attendus.

La lutte contre les risques de pollutions est d'une importance capitale afin de minimiser les impacts négatifs sur une économie déjà fragile et sur les écosystèmes côtiers et marins. Considéré comme l'espace clé de l'aménagement de la totalité du territoire national, le littoral résume la problématique de l'environnement, de l'aménagement et du développement durable ; la civilisation vit désormais une course de vitesse avec son environnement marin.

Située à l'Est du littoral algérien avec 130 km de côtes, le golf de Skikda est un écosystème marin dont l'environnement biotique répond à diverses variations (climatiques, humaines...).

L'industrialisation de Skikda reste l'avènement le plus important de la région. En effet, en plus de son potentiel agricole, Skikda est un grand pôle industriel d'importance nationale dominé par les complexes pétrochimiques. Vu que l'essentiel de sa capacité économique (Unités industrielles, port commercial, port spécialisé en hydrocarbures) est concentré dans la zone littorale, la région de Skikda (écosystème côtier) est soumise à des risques de pollutions pouvant engendrer des dégradations diverses, même si les services de l'environnement restent vigilants.

Notre étude, conduite en 2002, a porté sur une évaluation de la pollution de la zone côtière de la région de Skikda à l'aide de prélèvements spatio-temporels d'échantillons d'eau et de sédiment marins. Notamment, par l'analyse bactériologique (Coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux), physico-chimique (T°C, pH, conductivité..), et organique (hydrocarbures totaux) des eaux marines superficielles ainsi que l'analyse des teneurs en métaux lourds du sédiment superficiel.

Les résultats d'analyse obtenus, nous ont permis de mettre en évidence des concentrations élevées de polluants, dépassant de loin les valeurs limites fixées par la réglementation en vigueur (algérienne) ainsi qu'une non-conformité avec cette même réglementation pour certains effluents urbains et industriels. Des zones vierges dépourvues de toute pollution ont également été mises en évidence.

Mot - clés: pollution, littoral, Skikda, bactériologie, hydrocarbures, métaux lourds.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
01	Répartition des précipitations par bassin versant	16
02	Capacité d'accueil des principales plages de Skikda	22
03	Les principales maladies causées par les eaux récréatives contaminées	27
04	Qualité requise des eaux de baignade (paramètres micro-biologiques)	27
05	Effets des hydrocarbures sur certains peuplements marins	33
06	Normes hollandaises et algériennes pour l'évaluation des polluants métalliques dans les sédiments	41
07	Effluents atmosphériques du CP1/K	49
08	Caractéristiques de la station de traitement des effluents liquides du complexe RA1/K	51
09	Fiche signalétique de l'ancien port de Skikda	53
10	Postes à quai de l'ancien port de Skikda	53
11	Postes à quai du nouveau port de Skikda	55
12	Caractéristiques des stations de prélèvement des sédiments pour l'évaluation des polluants métalliques.	71
13	Comparaison des résultats obtenus (physico-chimiques) avec ceux de différents auteurs	106
14	Comparaison des résultats obtenus pour les hydrocarbures avec ceux de différents auteurs	109
15	Comparaison des résultats obtenus pour les métaux lourds avec ceux de divers ports algériens	112

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
01	Situation géographique de la wilaya de Skikda	12
02	Localisation des dunes littorales de la zone côtière de Skikda	13
03	Moyennes saisonnières de la pluviométrie dans la région de Skikda de 1990 à 2002.	14
04	Variations annuelles des températures saisonnières dans la région de Skikda de 1990 à 2002.	14
05	Variations saisonnières de l'humidité relative dans la région de Skikda de 1990 à 2002.	15
06	Rose des houles par secteur ; toutes amplitudes et périodes confondues Données K.N.M.I, 1961-1980	16
07	Réseau hydrographique de la région de Skikda	17
08	Représentation de la zone côtière de la wilaya de Skikda	17
09	Graphique résumant les données de la production halieutique moyenne entre 1995 et 2001	19
10	Représentation de la répartition par secteur de la production halieutique moyenne entre 1995 et 2001	19
11	Représentation photographique de l'Oued El Kebir	20
12	Photographie représentant l'activité piscicole au niveau du Barrage de Guenitra	20
13	Représentation graphique de l'évolution du trafic passager au port de Skikda de 1990 à 2001	21
14	Situation des Zones d'Expansion Touristiques de la région de Skikda	21
15	Photographie de la plage de Tamanart	22
16	Photographie de la plage de Guerbes	22
17	Photographie de la plage du Cap de Fer	23
18	Représentation graphique de la structure des déversements des agglomérations assainies.	23
19	Schéma du déplacement des nappes d'hydrocarbures	31
20	Photographie d'une marée noire	36
21	Situation des sites de prélèvements des échantillons d'eau (◀) et de sédiment (◀)	43
22	Plan de masse de la zone industrielle de Skikda	47
23	Représentation graphique de la production journalière du GL1/K	46
24	Représentation graphique de la production annuelle du CP1/K	49
25	Représentation graphique de la production annuelle du RA1/K	50
26	Photo aérienne des 3 ports de Skikda. (1.Port de pêche, 2.Ancien port, 3.Nouveau port)	52
27	Photographie du Port mixte de Skikda (Ancien port, Avant port)	52
28	Plan de masse du port mixte de Skikda (l'Ancien port) et sites de prélèvement d'eau (S18◀) et de sédiment (S18◀)	54
29	Photographie du Nouveau port de Skikda	54
30	Plan de masse du Nouveau port de Skikda et sites de prélèvement d'eau (S15◀) et de sédiment (S15◀)	55
31	Photographie du Port de pêche de Stora (prise de la Jetée)	56
32	Plan de masse du port de pêche de Stora et sites de prélèvement	56

	d'eau (S21 ◀) et de sédiment (S21 ◀)	
33	Représentation graphique de l'évolution de la production halieutique totale de 1990 à 2001	57
34	Représentation graphique de la structure de la production halieutique totale de 1990 à 2001	57
35	Photographie de l'exercice de simulation de pollution marine par les hydrocarbures (OBPM 2002)	59
36	Schématisation de la recherche et du dénombrement des coliformes	65
37	Schématisation de la recherche et du dénombrement des streptocoques fécaux	67
38	Variation spatiale des paramètres physico-chimiques	76
39	Variation temporelle de la température et du pH pour les 3 rejets industriels	77
40	Variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux au niveau des communes de (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda.	80
41	Variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux au niveau des communes de (a) : Stora, (b) : Ain Zouit.	81
42	Variation temporelle du nombre des coliformes totaux au niveau des communes de (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda.	83
43	Variation temporelle du nombre des coliformes totaux au niveau des communes de (a) : Stora, (b) : Ain Zouit.	84
44	Variation spatiale du nombre moyen des coliformes fécaux au niveau des communes de (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora.	86
45	Variation temporelle du nombre des coliformes fécaux au niveau des communes de (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora.	88
46	Variation spatiale du nombre moyen des streptocoques fécaux au niveau des communes de (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora.	90
47	Variation temporelle du nombre des streptocoques fécaux au niveau des communes de (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora.	92
48	Structure du nombre des streptocoques fécaux au niveau des communes de (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora, (e) : Ain Zouit.	94
49	Répartition spatiale de la flore microbienne : (a) : CT, (b) : CF, (c) : SF.	95
50	Représentation graphique de l'indice de Bourgeois	96
51	Variation spatiale des hydrocarbures totaux (Valeurs moyennes)	96
52	Variation temporelle des hydrocarbures totaux	98
53	Variation spatiale des métaux lourds : : (a) : Cd, (b) : Cr, (c) : Cu, (d) : Hg, (e) : Pb, (f) : Zn.	100
54	Variation spatiale des métaux lourds : (a) : Ni, (b) : Fe, (c) : Mn.	102
55	Représentation graphique de l'indice de contamination : (a) : Cu, (b) : Mn, (c) : Zn.	103
56	Structure des micro-polluants selon leur prédominance	104

LISTE DES SYMBOLES

Symbole	Définition
ANPE	Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement
BCF	Bio-Concentration Factor
C.O.I	Commission Océanographique Internationale
C.T.E	Centrale thermique
CCL ₄	Tétrachlorure de carbone
CDD	Commission du Développement Durable
CF	Coliformes fécaux
CNES	Conseil National Economique et Social
CPI/K	Complexe Pétrochimique
CT	Coliformes totaux
EGZIK	Entreprise de Gestion de la Zone Industrielle
EPS	Entreprise Portuaire de Skikda
FO	Faisceau Optique
GL1/K	Complexe de Liquéfaction de Gaz
HCT	Hydrocarbures Totaux
I.Q.E.D	Institut pour la Qualité des Eaux, Danemark
IB	Indice de Bourgeois
IC	Indice de contamination
J.O	Journal Officiel
KNMI	Koninklijh Nederlands Meteorologisch Institut
LEM	Laboratoire d'Etudes Maritimes
OBPM	Opération Blanche de Pollution Marine
ONM	Office National de la Météorologie
P2	Poste 2
PAM	Plan d' Action pour la Méditerranée
PL.	Plage
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
R.F.C.T. G.PI	Rejet Final du Camp de Toile (Grande Plage)
R.F.L.A.G.PI	Rejet Final des Logements Agricoles (Grande Plage)
RA1/K	Complexe de Raffinage
REMPEC	Centre de Réaction en urgence à la Pollution Marine Régionale pour la mer Méditerranée.
SEMEP	Service Epidémiologie et Médecine Préventive
SF	Streptocoques fécaux
V.G	Valeur guide
V.L	Valeur limite
VLI	Valeur Limite Inférieure
VLS	Valeur Limite Supérieure
VMA	Valeur Maximale Admissible
ZET	Zone d'Expansion Touristique

INTRODUCTION

Introduction

Depuis le début des années 1990, les pays méditerranéens, à l'image de ce qui se passe ailleurs dans le monde, connaissent un essor des politiques d'environnement. Inscrits dans un mouvement qui a pris de l'ampleur, des plans nationaux de protection et d'observation de l'environnement sont maintenant élaborés ou mis en œuvre dans plus de la moitié des pays riverains ; visant non seulement la réparation des dégradations, mais cherchent de plus en plus à intégrer les préoccupations écologiques dans une forme durable de développement.

Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) coordonne le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM) et a mis en œuvre plusieurs programmes couvrant les aspects scientifiques, socio-économiques, culturels et juridique de la protection de l'environnement méditerranéen.

Dans notre pays, l'environnement est une préoccupation sous-tendue par des raisons aussi multiples que diverses.

Dans un premier lieu, bien que la dimension environnementale se soit diffusée progressivement dans l'appareil d'état et la société à travers des textes législatifs et réglementaires, la création d'organismes et l'élaboration de programmes, il n'en demeure pas moins que les résultats enregistrés dans le cadre des différentes mises en œuvre, n'ont pas été probants (CNES, 1997)

Dans un second lieu, il est constaté un processus continu de détérioration de l'état général de l'environnement qui affecte au demeurant tous les domaines. Cette évolution ne cesse d'amplifier légitimement les inquiétudes des citoyens sous les effets combinés des agressions à l'environnement, des pollutions et des nuisances qui donnent aux éléments essentiels de l'existence un caractère de précarité et de fragilité.

En fait, cela traduit une situation de blocage des mentalités, d'inefficience des règlements et procédures, de dysfonctionnement des activités au détriment de l'environnement.

Cette situation découle en fin de compte de la complexité du sujet et de l'étendue de son champ d'emprise à la fois politique et culturelle, administratif et juridique, socio-économique et spatial.

Une meilleure perception et une plus grande clarification du concept même de l'environnement est nécessaire et certaines des multiples réalités qu'il recouvre doivent être précisées.

En effet, pour les uns, ce concept évoque l'hygiène, la santé la nature, les paysages et l'écologie. Pour les autres, il renvoie aux nuisances et pollutions et à la dégradation du cadre de vie. Pour d'autres encore, il se réfère à un mode de vie et de pensée.

Sans sous estimer ces différentes acceptions, la priorité doit être accordée à la préservation des ressources naturelles, dont certaines se caractérisent par leur rareté. C'est pourquoi nous ne devons en aucune façon nous détourner de la spécificité de l'environnement maritime en Algérie et devons faire l'effort d'établir une adaptation à la réalité nationale, ce qui ne devrait pas remettre en cause les accords et conventions ratifiés par l'Algérie, mais l'inscrit plutôt dans une logique rationnelle et cohérente consistant à

promouvoir notre développement de façon normative, pour faciliter son insertion dans l'économie mondiale.

Les divers facteurs polluants déversés chaque jour dans les eaux marines en les transformant en un vaste dépotoir, sont d'origine tellurique ou due à la navigation. Soixante dix à 75% environ de la pollution marine est d'origine tellurique et souvent liée à des activités quotidiennes. Les réseaux fluviaux amènent à la mer des milliers de produits chimiques, le déversement des eaux résiduaires (rejets urbains et industriels) entraîne la présence, dans la mer littorale, d'une quantité excessive de nutriments qui favorise la prolifération et la décomposition rapide des algues. L'eau étant alors privée de l'oxygène dont elle a besoin, on constate alors la mort des poissons et autres formes de vie marine.

Nous savons désormais avec certitude que l'activité industrielle (en plus des rejets occasionnés) fait monter la production de CO₂ au-delà des niveaux naturels, contribuant ainsi au réchauffement de l'atmosphère ; la mer se réchauffe à son tour, ce qui ralentit le mécanisme du transfert de chaleur. Un océan chaud absorbe moins de CO₂ et d'oxygène présent dans l'air, ce qui a de graves effets sur l'organisme marin simple qu'est le plancton puis par effet d'entraînement, sur l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Du fait en partie d'une législation mondiale, la navigation n'est plus responsable que de 10% environ de la pollution marine causée notamment par l'immersion (illégal) de déchets et de gazole usé. 60% environ de la pollution par les hydrocarbures est due, par exemple, au déversement dans les canalisations urbaines, d'huile à moteur usée, le pourcentage relatif à la navigation n'étant que de 25%. Cependant, depuis le Torrey Canyon en 1967 (Cornouailles) jusqu'à l'Erika en 1999 (Bretagne), les risques de pollutions accidentelles demeurent présents avec l'impact dévastateur qu'elles engendrent. En effet, les dégâts causés par le Prestige en 2002 (Espagne) en sont le témoignage concret ainsi que l'Alliance Spirit en 2003 (Algérie) qui a échoué sur les côtes de Skikda sur lesquels la menace d'une grave pollution a plané pendant des jours.

Considéré comme l'espace clé de l'aménagement de la totalité du territoire national, et compte tenu des pressions démographiques, des disparités flagrantes sur le plan du développement socio-économique, du niveau des pollutions et de sa position géographique (compétition ; industrie, commerce, urbanisation, tourisme...), l'intégrité écologique du littoral et du milieu côtier est menacée. La lutte contre les risques de pollutions est donc d'une importance capitale.

Dans le Nord de la méditerranée, de nombreux travaux de recherches ont pu démontrer que la pollution d'origine tellurique faisait subir un lourd préjudice au milieu marin ; Nous citerons : GILET (1959), AUBERT et al. (1967), ARFI et LEVEAU (1983), KERAMBRUN (1983), FRILIGOS (1985), GUILLAUD et AMINOT (1991).

Dans la partie sud-occidentale, DARMOUL(1977), DARMOUL et al. (1980), MEDHIOUB (1981), SARBAJI (1991) et AMMAR et al. (1991) ont mené des travaux qui ont mis en évidence l'impact de l'extension urbaine, de l'accroissement et du développement industriel sur le littoral.

Une contribution plus active et concrète à la stratégie nationale décidée en matière d'environnement marin par le Gouvernement a été apportée par les multiples travaux de recherches et des études effectuées notamment par des laboratoires spécialisés ainsi que l'organisation d'ateliers sur la surveillance des eaux côtières.

En effet, la pollution marine a fait l'objet de quelques travaux concernant le domaine benthique des côtes de l'Ouest (Oran) et du centre (Alger) (CHOUIKHI et al., 1988 et 1992 ; ASSO et al., 1986 ; BAKALEM, 1980, 1982, 1985, 1988, 1990). Les niveaux de contamination microbienne ont fait l'objet de recherches de JUILLIAN et al., 1962, MERABTINE (1998) et DELALI *et al.* (2001). Une forte pollution bactériologique avec une incidence sur la santé publique a été soulignée lors d'un travail effectué par BOUTIBA (1992, 1998) dans la baie et le port d'Alger. D'autres travaux ont concerné les niveaux de contamination métallique chez de nombreux organismes marins, notamment ; le rouget de roche *Mullus surmuletus* (BENGUEDDA, 1993), la sardine *Sardina pilchardus* (MERBOUH, 1997), la moule *Mytillus galloprovincialis* (BOUDJELLA *et al.*, 1998 ; BRUNO, 1998 et BEI, 1998), les crustacés décapodes (ABDENOUR et al., 2000) et la bogue *Boops boops* (AOUDJIT, 2001). Lors d'un travail d'approche du problème de pollution dans la baie de Annaba, des niveaux non négligeables de contamination microbienne dans les eaux superficielles et de contamination métallique dans le sédiment superficiel ont été mis en évidence (GHARSALLAH, 2002) .

Pour ce qui est des laboratoires spécialisés, le Laboratoire d'Etudes Maritimes (L.E.M) en association avec l'Institut de la Qualité des eaux (Danemark), Dutch Consult (Allemagne) et l'Institut Danois d'hydraulique (Danemark) a mis en œuvre une étude de protection contre la pollution des ports et du littoral algérien (1994).

Sur un plan législatif et réglementaire, l'état algérien œuvre pour leur mise en conformité avec les objectifs de la protection de l'environnement dans toutes ses composantes, notamment par une législation réglementant les rejets d'effluents liquides industriels (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993) ; le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel et fixant les conditions et modalités de récupération et de traitement des huiles usagers(Décrets exécutifs n° 93-161 et 93-162 du 10 juillet 1993) ainsi qu'une réglementation portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles (Décret exécutif n° 93-163 du 10 juillet 1993);

S'ajoute à cela, la promulgation de la loi n° 02-02 du 5 février 2002 fixant les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral.

A l'état actuel, la prise en compte de la pollution métallique (dans le sédiment) d'un point de vue réglementaire demeure absente des préoccupations nationales, pour y remédier, certaines mesures devraient être engagées.

Le travail que nous présentons ici est inspiré d'un projet de recherche dans le cadre du programme de surveillance et de lutte contre la pollution du littoral intitulé « Surveillance des niveaux des polluants dans l'environnement marin, tendances et dynamique ».

Ce programme de surveillance a pour objectif final, la protection contre la pollution du littoral (des eaux du port et des principales plages) de Skikda et ce par la mise en place d'un système de contrôle intégré des pollutions (évaluation des niveaux de contamination microbienne, chimique et organique) à la faveur d'un système d'autocontrôle et d'auto surveillance d'autant plus que la wilaya de Skikda fait partie des trois points chauds du pays.

Dans la présente étude, nous nous limitons à l'analyse de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux superficielles du littoral de Skikda, ainsi qu'à la teneur du sédiment superficiel en 9 métaux lourds

Selon les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S), l'évaluation de la pollution microbienne comportera la recherche et le dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux et des streptocoques fécaux au niveau de 25 stations pendant 10 mois au cours de l'année 2002.

L'évaluation des paramètres physico-chimiques a été faite pour 13 stations s'étalant sur 10 mois. Le dosage des hydrocarbures a été fait pendant 6 mois de l'année pour 9 stations. Pour les métaux lourds un seul dosage a été réservé pour chaque micro polluant et par station.

GENERALITES

I. Généralités :

I.1. Etude descriptive de la région de Skikda :

Le golf de Skikda est un écosystème marin dont l'environnement biotique répond à diverses variations (climatiques, humaines...). La mise en valeur des mers côtières est rendue difficile par la complexité des institutions concernées. Une gestion intégrée nécessite donc une compréhension détaillée du système naturel en mer et sur le continent, des activités socioéconomiques et le développement d'outils méthodologiques.

1. Facteurs physiques :

La wilaya de Skikda est située à l'Est du littoral algérien, entre les latitudes 36°5' N et 36°15' N et les longitudes 7°15' E et 7°30' E, s'étendant sur une superficie de 4 137.68 km² avec 130 km de côtes. Elle regroupe 13 daïras et 38 communes et est limitée au Nord par la mer méditerranée et avoisine les wilayas d'Annaba, Constantine, Guelma et Jijel (voir Fig. 1)

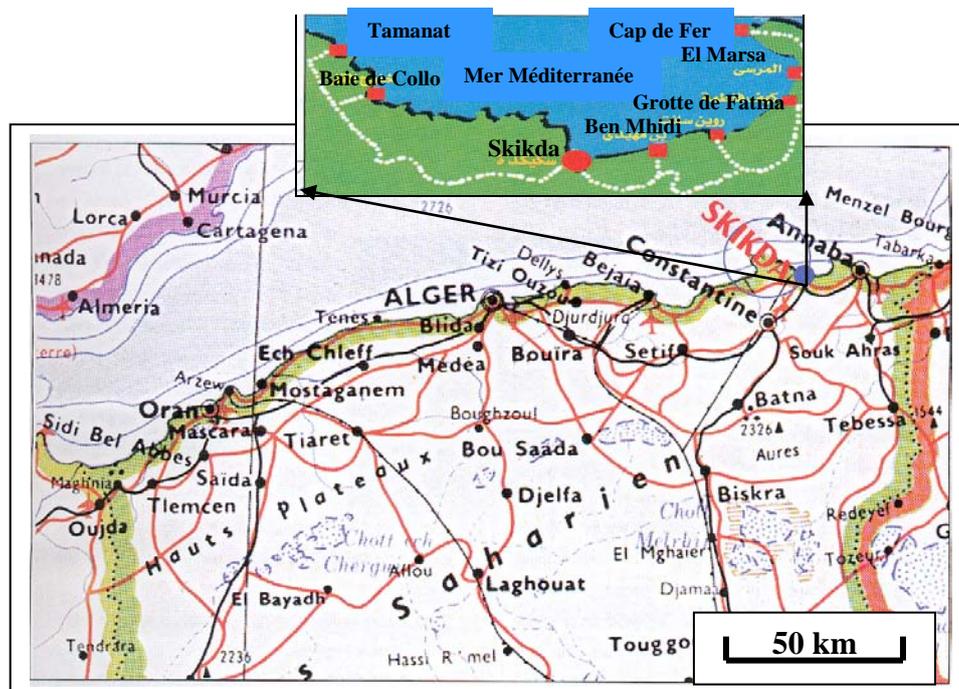


Fig. 1 : Situation géographique de la wilaya de Skikda. (Anonyme, 2002)

Le golf de Skikda est compris entre la pointe Esrah et le Cap de Fer à 17 miles d'ouverture sur 9 miles de profondeur. Toute la frange tellienne est marquée par une biogéographie homogène caractérisée notamment par sa climatologie et sa géologie.

Géologie :

Les falaises rocheuses dominant depuis la pointe Esrah jusqu'au site de l'Anse de Stora, avec plusieurs îlots rocheux parmi lesquels, Sirigina, le lion, l'îlot de la Macaque et celui des singes qui se situent à proximité du rivage.

Le relief des falaises est constitué principalement de roches métamorphiques composées de gneiss, de schistes et de micaschistes gris bleuâtres.

A l'Est de la wilaya, la côte se retourne vers le Nord Est puis vers le Nord Ouest jusqu'au Cap de Fer. Dans cette partie, le rivage est surtout constitué de dunes de sables sauf à droite du massif de Filfila et du Cap de Fer (Fig. 2).

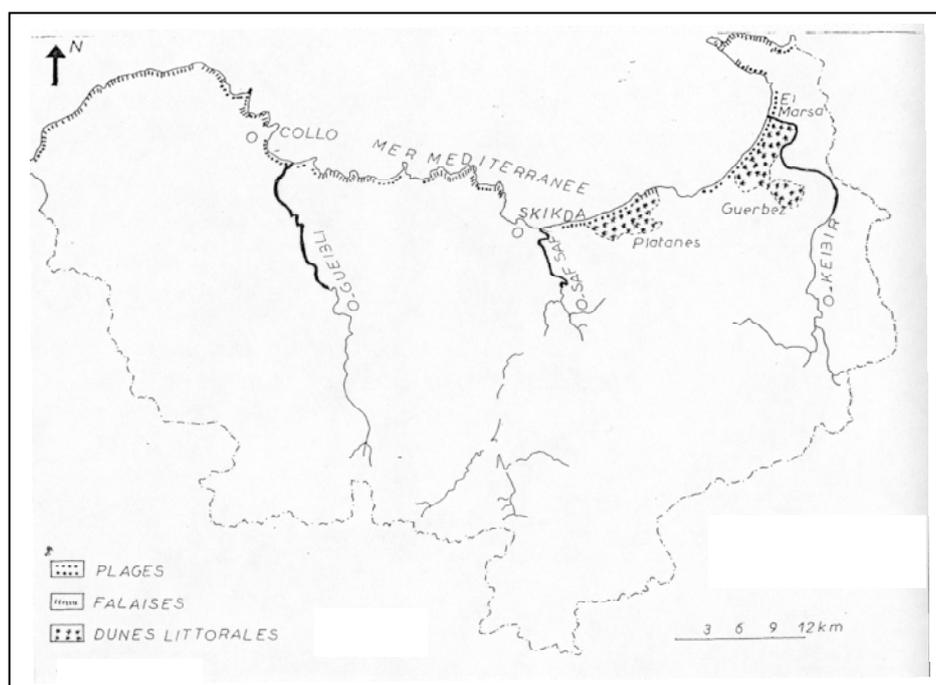


Fig. 2 : Localisation des dunes littorales de la zone côtière de Skikda. (ANPE, 1994)

Le fond marin compris entre le nouveau port et la commune de Ben Mhidi et celui situé entre le rivage de l'isobathe -10 m, est constitué en majeure partie de sable généralement fin.

Climatologie :

Par son climat typiquement méditerranéen, la wilaya de Skikda bénéficie d'une importante humidité et est considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses en Algérie. Les données recueillies au niveau de l'Unité de l'O.N.M (Office National de la Météorologie) située à l'ancien port de Skikda s'étalent sur 12 ans, de 1990 à 2002 (voir Fig. 3).

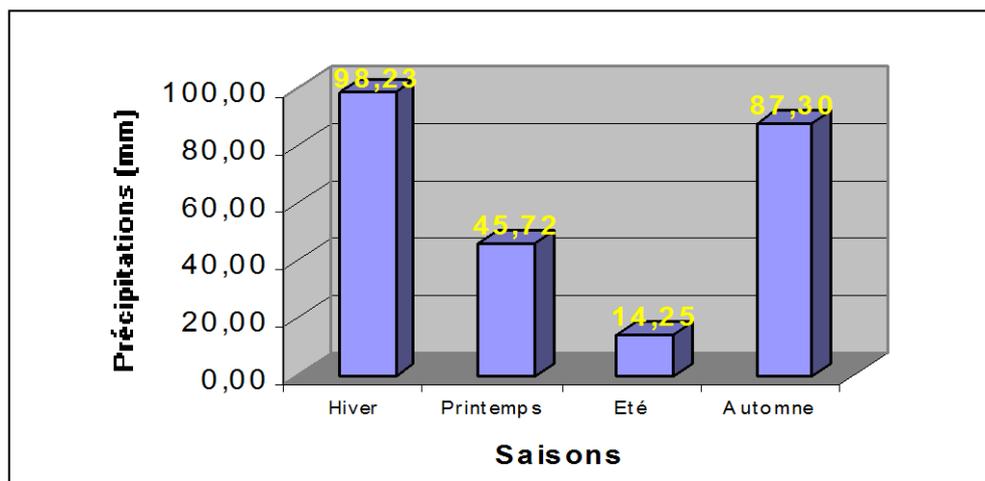


Fig. 3 : Moyennes saisonnières de la pluviométrie dans la région de Skikda de 1990 à 2002.

Le gradient décroissant des hauteurs de précipitations s'accompagne souvent d'un gradient croissant des températures moyennes annuelles. Pendant la saison estivale, les températures enregistrées de 1990 à 2002 varient annuellement de 22 à 26°C avec des valeurs maximales comprises entre 33 et 36 °C et des minima (hivernales) entre 5 et 6 °C (Fig. 4).

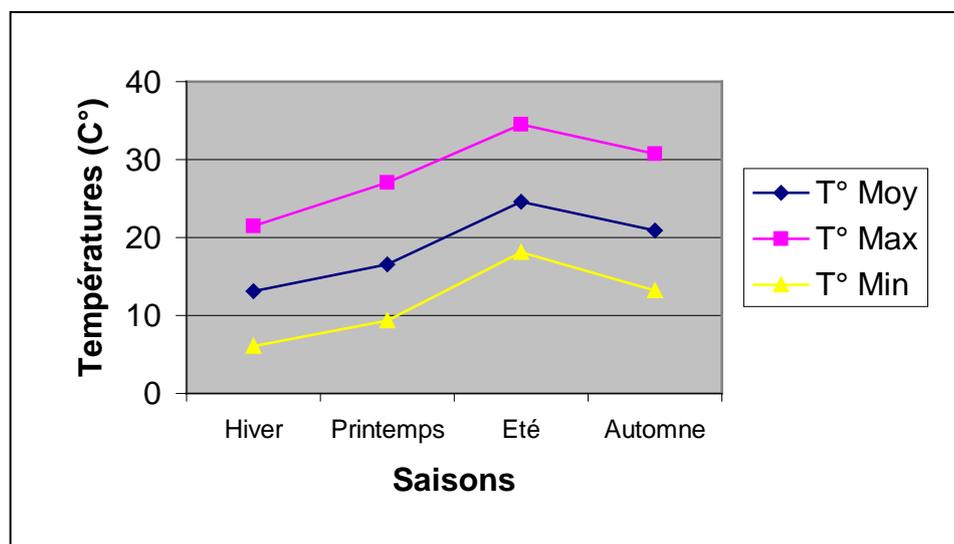


Fig. 4 : Variations annuelles des températures saisonnières dans la région de Skikda de 1990 à 2002.

Pour ce qui est de l'hygrométrie, la région de Skikda est très humide. En effet, durant la période allant de 1990 à 2002, les valeurs annuelles moyennes enregistrées oscillent entre 69 et 75,58 % (Fig. 5).

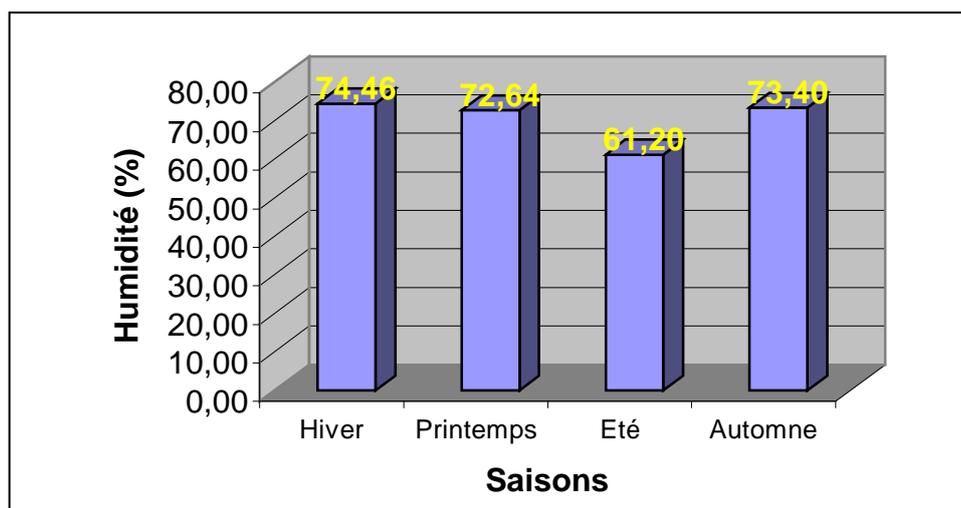


Fig. 5 : Variations saisonnières de l'humidité relative dans la région de Skikda de 1990 à 2002.

Hydrodynamisme :

La wilaya de Skikda est orientée suivant le secteur N-E, elle est abritée naturellement du côté Ouest par Ras Akmé et l'île de Sirigina et à l'Est par Ras El Hadid; c'est donc les vents du secteur N-E venant du large qui sont les plus dominants et souvent à l'origine des perturbations les plus importantes. Cette région est caractérisée par une prédominance des vents du secteur N - O en fréquence et en force (frais et sans grande importance pour la région) et des vents du secteur N - E, relativement faibles.

Tout comme sur l'ensemble de la côte algérienne, à Skikda, les variations du plan d'eau sont négligeables et de ce fait, n'influent pas sur les conditions hydrodynamiques de la zone d'étude. Cependant, l'existence d'une marée de période de 12 heures et de faible amplitude égale à 0,30 m selon HOCINI et *al.*, (1991), est présente dans la baie de Skikda.

Concernant les mouvements de la houle dans la région, en l'absence de données directes sur le site, les résultats de houles ont été synthétisés à partir de 16070 observations étalées sur 20 ans, correspondant à la période 1961-1970 et 1971-1980, enregistrées au large de Skikda par des navires marchands et stockées par le KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut). (In HOCINI et *al.*, 1991).

Selon les observations du KNMI, nous pouvons conclure que Skikda se caractérise par une prédominance des houles de direction Nord-Ouest à Nord en fréquence d'apparition et en amplitude avec les houles Nord-Nord Est à Nord Est (N010° à 050°) représentant annuellement 15% des cas; dont 36% ont une amplitude supérieure à 1m, dépassant rarement 4 m et les houles Nord-Ouest à Nord représentent 39% des cas, dont 58% ont une amplitude supérieure à 1m. Celle-ci peut dépasser 6 m, voir même 8 m (voir Fig. 6).

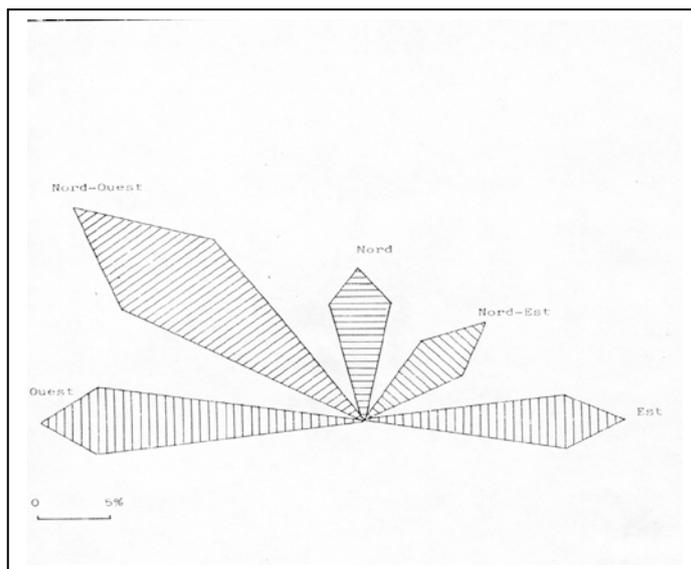


Fig. 6: Rose des houles par secteur ; toutes amplitudes et périodes confondues
Données K.N.M.I, 1961-1980 (in HOCINI et al., 1991).

Pour ce qui est des courants dans la baie de Skikda et selon le Laboratoire d'Etudes Maritimes (LEM) (1994), les renseignements extraits des instructions nautiques signalent l'existence d'un courant général dirigé vers l'Est pouvant atteindre 1 à 2,5 nœuds, passant à quelques miles au large de la baie de Skikda et d'un autre courant de 0,5 à 1,5 nœuds, plus près de la côte. Il semblerait que ce courant ne pénètre pas dans la baie.

Hydrographie :

Le réseau hydrographique de la wilaya de Skikda est traversé par 3 principaux cours d'eau (Fig. 7) : l'oued El Kebir à l'Est, Safsaf au centre et Guebli à l'ouest avec 7 bassins hydrographiques dont la répartition des précipitations par bassin versant est représentée succinctement dans le tableau suivant :

Tableau 1: Répartition des précipitations par bassin versant.

Situation	Bassin versant	Superficie (km ²)	Apports annuels (hm ³ /an)	Précipitations moyennes (mm)
Ouest	Côtier Cap Bougaroun	497	477	1464
	Oued Guebli	988	490	1200
Centre	Oued Bibi	203	75.50	1000
	Oued Safsaf	1165	150	800
Est	Côtier Filfila	134	37	900
	O. Kebir Ouest	1419	148	1000
	Kebir Côte Magroun		148	1000

Source : ANPE, 1994.

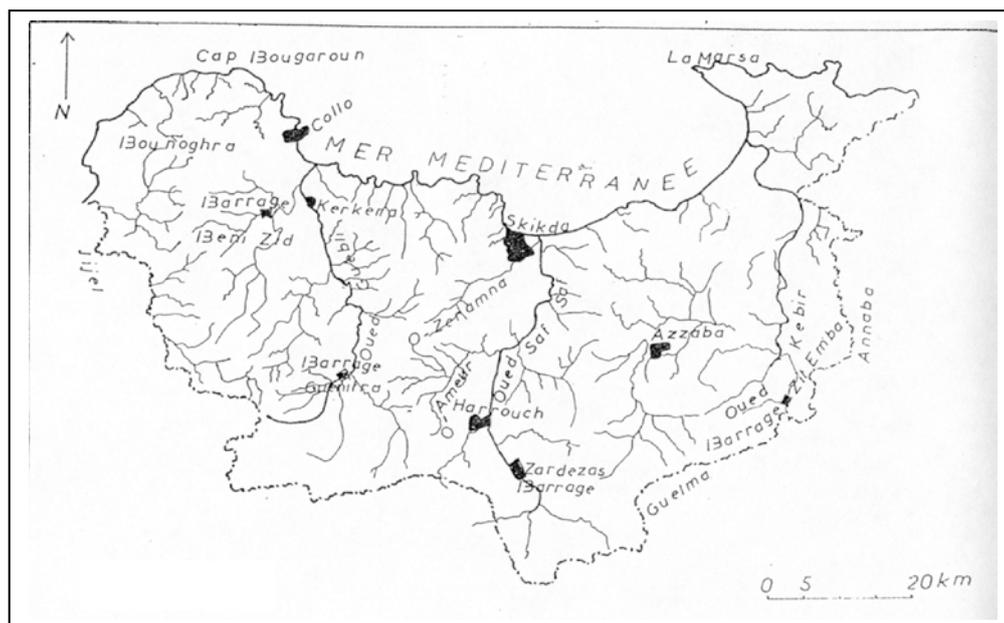


Fig. 7: Réseau hydrographique de la région de skikda. (ANPE, 1994)

Zone côtière :

S'étendant sur 130 km de côtes et couvrant une superficie maritime de 3069 km², la zone côtière de Skikda possède une succession de plages, allant de Tamanart à l'Ouest vers El Marsa à l'Est avec de vastes étendues de sable en alternance avec des falaises (Fig. 8). La façade maritime est caractérisée par un plateau continental dont les 2/3 sont accidentés.

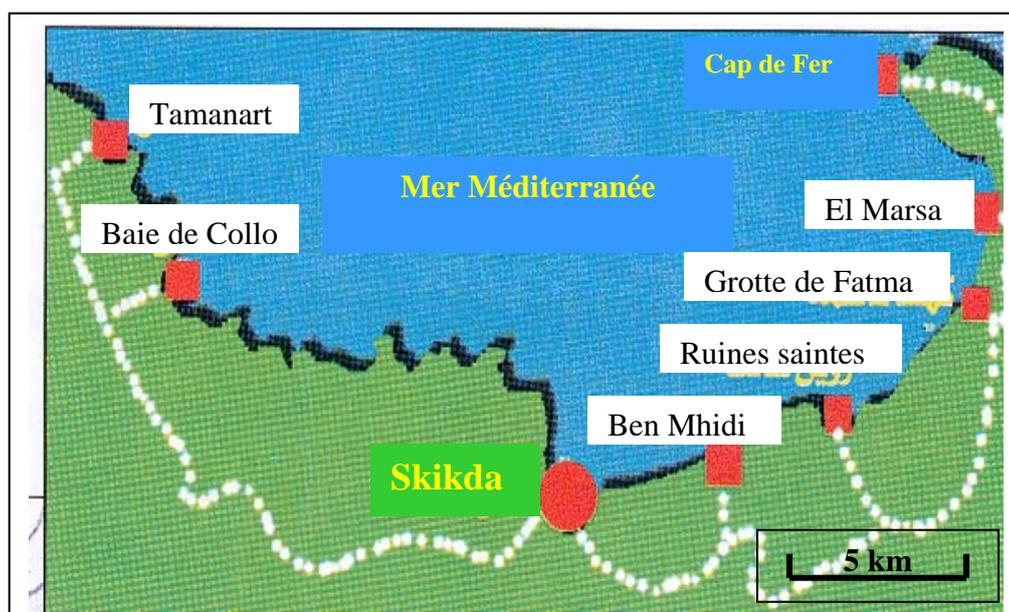


Fig. 8: Représentation de la zone côtière de la wilaya de Skikda.

La côte de Skikda est divisée en 3 zones : la zone ouest qui s'étend de l'embouchure de l'oued Zhor à l'ouest, à Stora à l'Est, elle est généralement abrupte avec de hautes falaises, la zone centrale représentée par la côte de Ben Mhidi, les platanes, Guerbes et les falaises de Filfila et enfin la zone Est comportant les côtes de la Marsa et les falaises du Cap de Fer (voir Fig. 2 et Fig. 8).

Les dunes littorales qui caractérisent la baie de Skikda sont des habitats très fragiles dont la destruction entraînerait la disparition de la faune existante ainsi que le recul de la ligne du rivage. La menace plane donc sur ces dunes du fait de l'extraction de sable non contrôlée. En effet, la valeur écologique et paysagère du site d'extraction est diminuée et expose par conséquent toutes les plaines à l'ensablement notamment à Guerbes, aux Platanes et à la Marsa (voir Fig. 2).

2. Facteurs anthropogéniques:

Population :

La wilaya de Skikda totalise aujourd'hui près de 889 367 habitants avec 70% de population urbaine et seulement 30% rurale. Depuis l'indépendance, l'effectif de la population de la wilaya de Skikda a marqué une nette évolution, liée essentiellement au développement industriel et urbain. La strate rurale ne fait que diminuer suite aux migrations vers les villes.

Activités économiques :

La position géographique de Skikda et sa situation au centre de la région Nord Est du pays lui confère un rôle de 1^{er} plan dans les échanges et les flux économiques, se traduisant par l'importance de ces infrastructures techniques comme le réseau routier, les ports et voies ferrées.

Avec une superficie agricole de plus de 19000 ha, cette wilaya a une production végétale et animale moyenne, à citer : l'olivier à Azzaba et El Harrouch, la culture importante de la fraise au lieu dit Grande Plage (commune de Aïn Zouît) en plus des agrumes.

Au niveau de la commune de Skikda, les terres agricoles productives sont majoritairement localisées au niveau de la plaine du Safsaf et représentées par 91% de cultures herbacées et 9% de plantations arboricoles (ANPE, 1994).

Dans la wilaya de Skikda, la pêche représente une activité économique importante, cependant, comme pour la plupart des wilayas côtières, le secteur de la pêche reste marginalisé et les ressources marines sont par conséquent mal gérées et parfois même sous exploités.

La biomasse halieutique est évaluée à 19 000T avec un stock (pouvant être pêché) ne dépassant pas le 1/3, soit 6 000T/an. (Fig. 9 et Fig. 10).

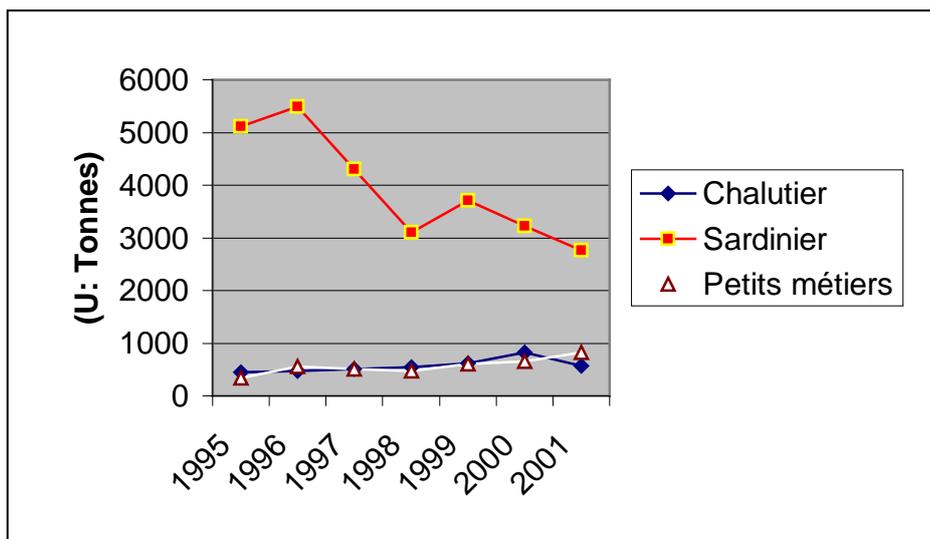


Fig. 9: Graphique résumant les données de la production halieutique moyenne entre 1995 et 2001 (Données statistiques EPS, 2001).

La répartition de la production halieutique moyenne pour la période 1995-2001 selon les métiers est représentée par la figure 10.

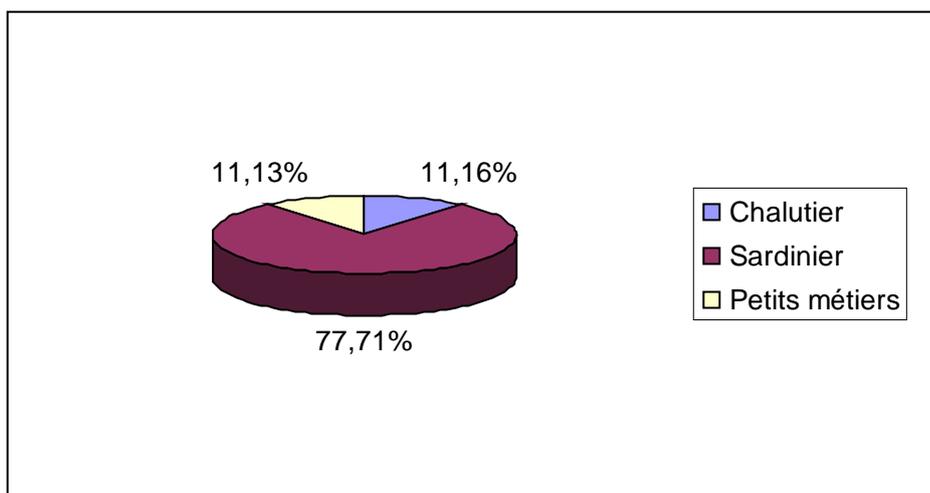


Fig.10: Représentation de la répartition par secteur de la production halieutique moyenne entre 1995 et 2001 (Données statistiques EPS, 2001).

Dans le domaine de l'aquaculture, la wilaya de Skikda dispose de diverses potentialités naturelles pour le développement de cette activité. En effet, l'embouchure de l'oued El Kebir (Fig. 11) où se développe une pêcherie d'anguille est une ferme de crevettes. De plus nous pouvons considérer que les baies du Cap Bougaroun réunissent toutes les conditions pour l'élevage de loup de mer et de dorade en cages flottantes, ainsi que la culture de moules et d'huîtres.

L'embouchure de l'oued Guebli est idéale pour l'élevage de mulot avec la possibilité de mettre en place une activité piscicole dans l'oued, axée surtout sur l'anguille.

A tout cela s'ajoute l'exploitation des retenues d'eau telle que le barrage de Guenitra (Fig. 12) où se développe la pisciculture avec l'ensemencement de 640 000 alevins de carpes argentées et 222 500 alevins de carpes grande bouche. (Anonyme, 2002)

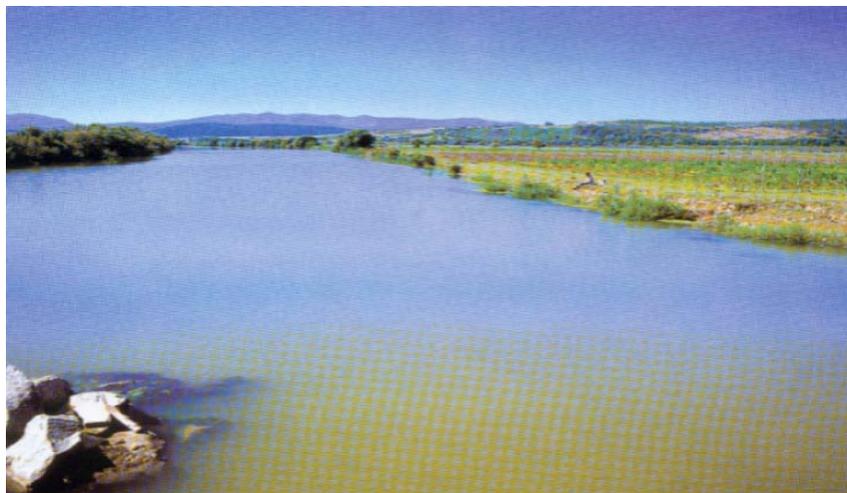


Fig. 11: Photographie de l'Oued El Kebir.

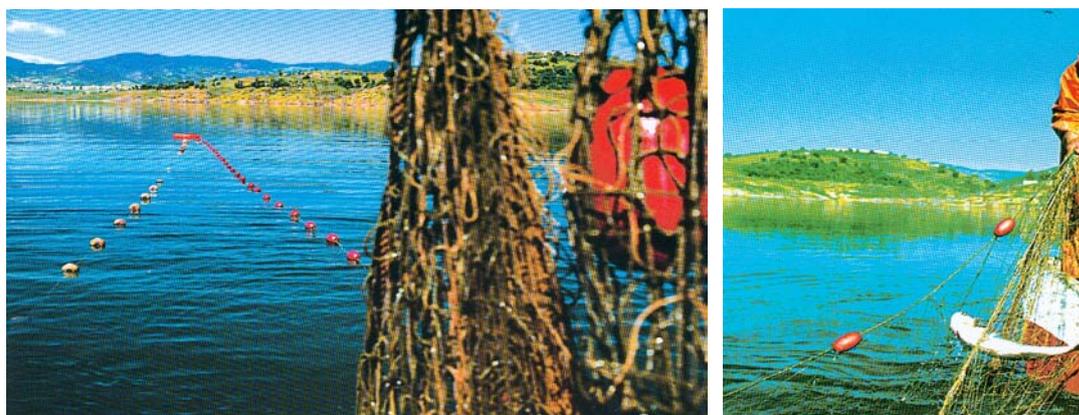


Fig. 12 : photographies représentant l'activité piscicole au niveau du Barrage de Guenitra.

L'industrialisation de Skikda reste l'avènement le plus important de la région. En effet, en plus de son potentiel agricole, Skikda est un grand pôle industriel d'importance nationale dominé par les complexes pétrochimiques représentés essentiellement par ; le Complexe de Matière Plastiques (CP1/K), le Complexe de Raffinage (RA1/K) et le Complexe de Liquéfaction de gaz (GL1/K) auxquels s'ajoutent ; la Centrale Thermique Electrique (CTE), l'Entreprise Nationale du Marbre (ENAMARBRE), la cimenterie de Hjar Essoud, le Complexe mercuriel d'Azzaba en plus des unités agroalimentaires et extractives.

La wilaya de Skikda est une région accueillante à toutes les spécificités ; vacances, longs séjours ou affaires, du fait qu'elle renferme d'immenses potentialités touristiques, notamment, par sa position sur la mer méditerranée et sa fonction portuaire qui lui confèrent des relations privilégiées, non seulement avec les wilayas de l'est algérien mais aussi avec

l'étranger comme il apparaît clairement à travers le trafic passager au port de Skikda pour la période 1990 - 2001. (Fig. 13).

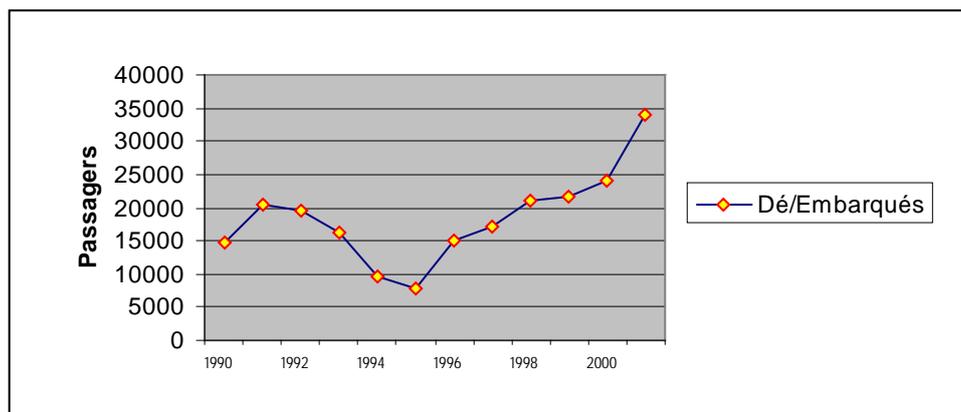


Fig. 13 : Représentation graphique de l'évolution du trafic passager au port de Skikda de 1990 à 2001 (Données statistiques EPS, 2001).

La beauté de ses sites naturels donne à la région de Skikda une vocation touristique de tout premier plan. Dans ce sens, des aménagements modernes ont vu le jour ces dernières années sous le signe ZET (Zones d'Expansion Touristiques). Ces ZET sont au nombre de 9 dont 5 sont prioritaires. (Fig. 14).

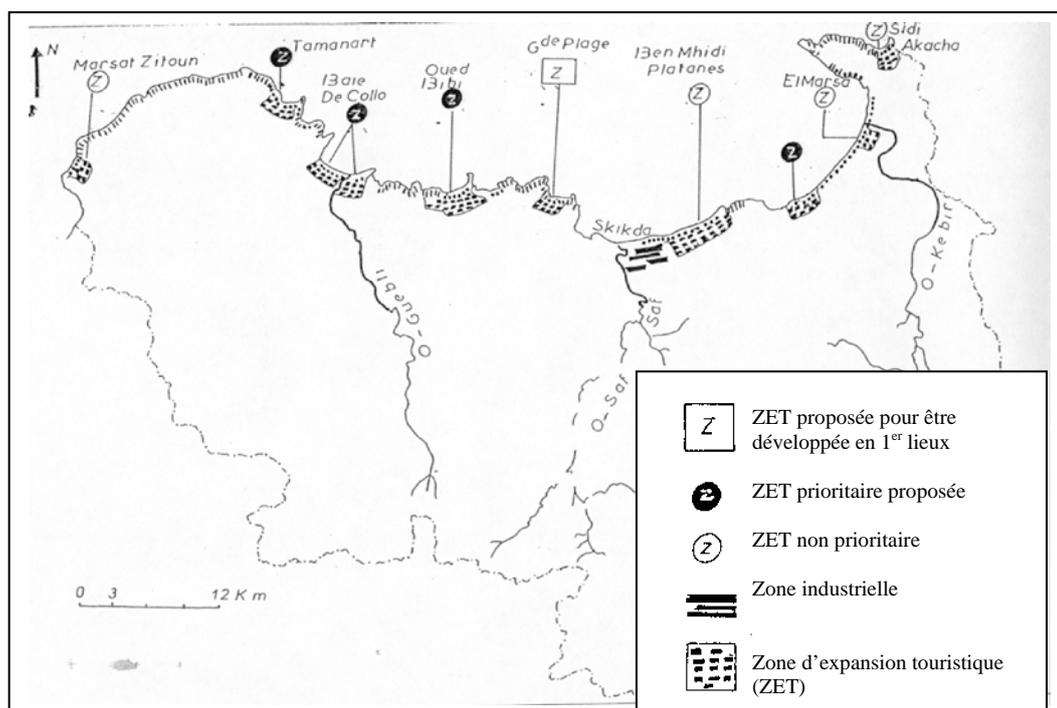


Fig. 14 : Situation des Zones d'Expansion Touristique de la région de Skikda.

Malgré la faiblesse des infrastructures à caractère touristiques, certaines plages, zones de concentration des potentialités touristiques constituent un espace d'accueil de grande qualité et les plus fréquentées d'entre elles sont: la Grande Plage, Ben Mhidi, La

baie de Collo, Tamanart (Fig. 15), Guerbes (Fig. 16), plage du cap de fer (Fig. 17) et la Marsa dont les capacités respectives sont énumérées dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2: Capacités d'accueil des principales plages de la baie de Skikda.

Plage	Capacité d'accueil (Baigneurs)
Tamanart	3 700
Baie de Collo	22 800
Grande Plage	6 400
Ben Mhidi et Platanes	34 800
El Marsa	12 000



Fig. 15 : Photographie de la plage de Tamanart.



Fig. 16 : Photographie de la plage de Guerbes.



Fig. 17 : Photographie de la plage du Cap de Fer.

Assainissement :

La conception, la réalisation, l'entretien et la maintenance des réseaux d'assainissement marquent une déficience, due essentiellement à l'insuffisance de coordination des différents services publics ainsi qu'à une urbanisation rapide et souvent incontrôlée. Par conséquent, la recrudescence des maladies à transmission hydrique évolue proportionnellement avec la charge de pollution. La répartition des déversements des diverses agglomérations assainies est représentée par la figure 18.

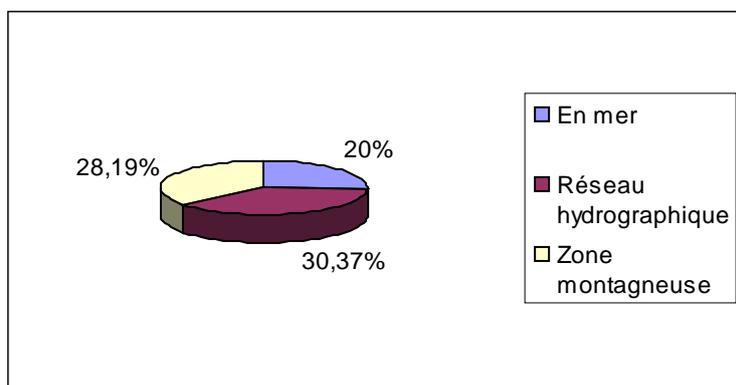


Fig. 18 : Représentation graphique de la structure des déversements des agglomérations assainies.

I. 2. Revue sur les principaux types de polluants :

Lors d'études d'évaluation de la qualité du milieu marin, les caractéristiques physico-chimiques doivent être prises en compte et ce pour les raisons suivantes :

La température :

La température est un paramètre important pour la caractérisation de la pollution des eaux marines. En effet, diminuant la teneur en oxygène, les températures relativement élevées agissent comme pollutions additionnelles ayant ainsi des répercussions sur les cycles biologiques.

D'un point de vue réglementaire, selon le décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993, les rejets industriels ne doivent pas atteindre une température au-delà de 30°C.

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.

Le pH :

En milieux côtiers ou estuariens, certains rejets industriels ou apports d'eaux continentales sont la cause de variations du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution (AMINOT, 1983). L'importance de la mesure du pH, bien que très répondue, est en fait limitée aux effluents industriels.

Selon le décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade, le pH ne doit pas dépasser une valeur limite comprise entre 6 et 8.

L'oxygène dissous :

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

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

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

Selon le décret exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade, Le taux de saturation en oxygène ne doit pas dépasser une valeur limite comprise entre 80 et 120%.

Les nitrates (NO_3^-) :

Produits de la dégradation des substances organiques azotées, le nitrate atteignant des teneurs relativement élevées est caractéristique des eaux polluées.

Les nitrites (NO_2^-) :

Ce sont des sels de l'acide nitreux (HNO_2) et sont considérés comme des indicateurs de pollution.

La conductivité électrique :

Paramètre non spécifique, la conductivité électrique d'une eau résiduaire (valeur) n'offre que peu de 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.

La compréhension des mécanismes qui contrôlent le devenir des flux des contaminations apportés au littoral et des effets biologiques imputables à la contamination chronique des eaux côtières constitue une étape indispensable à l'établissement d'un bilan de l'état de santé d'un écosystème côtier ainsi qu'à l'établissement de recommandations sur les apports telluriques et à la détermination des niveaux de risques acceptables ; environnementaux ou sanitaires.

1. Polluants micro-biologiques :

L'analyse micro-biologique des eaux marines s'inscrit dans un cadre général de protection de la santé humaine et de l'environnement afin de rendre les eaux susceptibles d'être polluées compatibles avec les diverses formes de vie aquatique et des organismes pouvant être en contact. Cette analyse est donc indispensable et complémentaire de l'analyse physico-chimique pour la détermination de la qualité générale des eaux marines.

Pour les eaux littorales, la quasi-totalité des micro-organismes identifiés sont de provenance fécale. Afin d'évaluer le risque sanitaire lié à l'aspect récréatif des eaux susceptibles d'être contaminées par des micro-organismes pathogènes pour l'homme, la compréhension de leur comportement semble être nécessaire.

Définitions :**Les coliformes totaux :**

Les coliformes totaux sont des bacilles Gram⁻, non sporulés, aéro-anaérobies qui fermentent le lactose en produisant des acides et des gaz (en 24 à 48h à 35-37°C). Ces coliformes vivent dans les intestins de l'homme et des animaux homéothermes, leur résistance en milieu extra intestinal est variable du fait de l'hétérogénéité de ce groupe.

Les coliformes fécaux :

Sous-groupe des coliformes totaux, les coliformes fécaux sont des bacilles Gram⁻, non sporulés, aéro-anaérobies, fermentant le lactose en produisant des acides et des gaz (en 24h à 44°C) et en eau tryptonée (contenant du tryptophane) ils produisent de l'indole. *E. coli* est l'espèce dominante de ce groupe.

Les streptocoques fécaux :

Cocci en chaînettes, Gram⁺, ayant une structure antigénique du groupe D de Lance Field (Bonne persistance dans le milieu extra-intestinal), caractérisés par leur hétérogénéité.

Origine :

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

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

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

Devenir et impact :

Le devenir de la charge microbienne dans l'eau de mer, comme pour les autres polluants, est fonction de la dilution, de la dispersion et de la sédimentation des particules fines. Par ailleurs, les bactéries vont subir l'agression du milieu marin qui conduit à une atteinte cellulaire.

Les principaux facteurs de stress pouvant affecter la survie des bactéries sont : la lumière solaire (visible ou UV proches), la salinité, la teneur en éléments nutritifs, la température, la prédation et la compétition de flore. Sous l'effet de ces différents stress, les bactéries évoluent dans l'eau côtière, comme dans le sédiment, vers des formes viables non cultivables. (Le HIR *et al.*, 1989)

La présence de particules en suspension ainsi que la présence de matière organique favorisent la survie des bactéries, alors que la présence de prédateurs comme les protozoaires ou de conditions de température ou de pH extrêmes, favorisent leur disparition. Il a été constaté une survie de 10 à 40% des micro-organismes intestinaux 7 jours après leur rejet. (THOMAS, 1995).

Assez souvent, la pollution bactérienne aboutit finalement dans les zones de baignade et se répercute sur la santé des estivants.

Les principales maladies causées par les eaux récréatives contaminées sont regroupées dans le tableau 3 suivant :

Tableau. 3 : Les principales maladies causées par les eaux récréatives contaminées. (MERABTINE *et al.*, 1997)

Affections	Maladie	Germes responsables	Site d'attaque	Origine
Gastro-intestinales	Gastro-entérites	<i>E. coli</i>	Intestins (homme et animaux)	Eau et coquillage
	Salmonelloses	<i>Salmonella</i>		
	Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>		
Cutano-muqueuses	Otite externe	Streptocoque	Peau du conduit	Eau durant la baignade
	Sinusite		Sinus frontal	
	Conjonctivite		Conjonctive (m.o)	

Réglementation :

Le décret exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993 ayant pour objet de définir la qualité requise des eaux de baignade et précisément en son article 3, définie que la qualité des eaux de baignade doit satisfaire (d'un point de vue micro-biologique) aux paramètres micro-biologiques indiqués à l'annexe du même décret et qui sont reporté comme suit :

Tableau. 4 : Qualité requise des eaux de baignades (paramètres micro-biologiques). (J.O. N°46 – Décret exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993)

Paramètres	Unités	Valeurs guides	Valeurs limites
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
Coliformes fécaux	/100ml	100	2 000
Streptocoques	/100ml	100	-

Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité et celles comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue.

2. Polluants organiques : Les hydrocarbures totaux. (HCT)

Afin de mieux cerner le problème de pollution marine par les hydrocarbures, il nous faut connaître l'origine, le comportement de ces derniers au sein des masses d'eaux, les interactions entre le milieu fluide et le sédiment ainsi que leur action sur la faune et la flore.

2.1. Définition :

L'expression hydrocarbures totaux (HCT) comprend l'ensemble des hydrocarbures, saturés ou non, comme par exemple les huiles minérales, les huiles et les graisses végétales ou animales.

Les HCT sont des composés organiques comportant essentiellement du carbone et de l'hydrogène, d'autres éléments, tel le soufre, l'oxygène et l'azote sont minoritaires.

En plus des divers dérivés des hydrocarbures, le pétrole et le gaz naturel présentent une grande importance commerciale ; on les utilise comme carburant, combustible, huiles lubrifiantes ainsi que comme produits de base en synthèses pétrochimiques.

Les hydrocarbures totaux sont classés en trois groupes comme suit :

2.1.1. Hydrocarbures aliphatiques :

Ce sont des hydrocarbures acycliques (à chaîne ouverte) pouvant présenter une ou plusieurs ramifications. Ce groupe est subdivisé en composés saturés et insaturés.

Hydrocarbures aliphatiques saturés :

Appelés aussi alcanes ou paraffines, ces composés ne contiennent que des liaisons simples entre les atomes de carbone, les chaînes peuvent être droites ou ramifiées. Leur formule générale est C_nH_{2n+2} tel :

CH_4 ; Méthane

C_2H_6 ; Ethane

C_3H_8 ; Propane

C_4H_{10} ; Butane

Lorsque le nombre d'atomes de carbone augmente dans la molécule, le point d'ébullition augmente et la volatilité diminue.

Hydrocarbures aliphatiques non saturés :

Appelés aussi alcènes et principalement issus du craquage du pétrole (Produits raffinés), ils ont pour formule générale C_nH_{2n} et contiennent une seule double liaison ($C = C$). L'alcène le plus simple de formule brute C_2H_4 est l'éthylène.

2.1.2. Hydrocarbures naphténiques :

Groupe d'hydrocarbures à chaîne fermée avec une structure fermée. Saturés, ils sont appelés cyclo-alcanes (C_nH_{2n}) et non saturés, ils sont appelés cyclènes. Les liaisons carbone-carbone sont simples et les atomes d'hydrogènes peuvent être remplacés par d'autres éléments tel que l'azote, l'oxygène ou le soufre.

2.1.3. Hydrocarbures aromatiques :

Dérivés du benzène, ils sont dits aromatiques parce qu'un grand nombre d'entre eux ont des odeurs agréables. Ils sont caractérisés par des noyaux benzéniques à 6 atomes de carbone avec 3 liaisons double carbone-carbone.

A point d'ébullition faible, ces hydrocarbures sont responsables de la toxicité de la plupart des pétroles. A point d'ébullition plus élevée, ils sont soupçonnés d'effets toxiques à long terme et plusieurs d'entre eux sont reconnus cancérigènes.(VOIRIN, 1987)

2.2. Origine :

Les hydrocarbures totaux sont des polluants organiques présents non seulement dans les effluents d'industries pétrochimiques mais aussi dans les eaux résiduaires urbaines. La quantité rejetée par habitant et par jour est de l'ordre de 10g, ce qui représente une concentration non négligeable.(THOMAS, 1995).

A la suite de la décomposition d'organismes marins, le dépôt au fond des océans pendant des millions d'années s'accumule et se mélange au sédiment, formant ainsi des couches riches en matières organiques. Celle-ci incorporée au sédiment finie par être enfuie à de grandes profondeurs. Sous l'effet de la pression, de l'élévation de la température et de l'action de la flore bactérienne, cette matière organique se transforme en boue (Sapropel). L'augmentation de l'épaisseur de la couche sédimentaire ainsi que l'élévation de la température entraînent une transformation de la matière organique en substances plus simples ; les hydrocarbures.

2.3. Sources de pollution par les hydrocarbures :

Selon PATRUNO (2001), toutes les sources possibles de pollution marine par les hydrocarbures résultant des activités humaines peuvent être représentées par 4 types :

- Maritimes intentionnelles : décharges liées à l'exploitation des navires.
- Maritimes non intentionnelles : suite aux collisions, échouages...etc. Liées encore à l'exploitation des navires.
- Terrestres intentionnelles : effluents de raffineries et rejets municipaux (côtiers).
- Terrestres non intentionnelles : accidents dans les raffineries côtières, les terminaux pétroliers et les ports.

Parmi ces sources, les accidents de pollution les plus courants sont ceux qui résultent des opérations effectuées dans les terminaux lors du chargement ou du déchargement des hydrocarbures. Cependant, les accidents de navires-citernes sont la source la plus connue de pollutions du milieu marin. Les conséquences immédiates sur l'environnement peuvent être catastrophiques, comme ce fut le cas lors des naufrages du Torrey Canyon en 1967 (Cornouailles), de l'Amoco Cadiz en 1978 (Bretagne), l'Erika en 1999 (Bretagne) et du Prestige en 2002 (Espagne).

2.4. Devenir :

Selon leurs caractéristiques physico-chimiques, les conditions météorologiques et l'état physique de la mer, les hydrocarbures déversés en milieu marin subissent diverses modifications physico-chimiques, parmi lesquels nous citerons :

L'étalement :

La caractéristique la plus évidente des hydrocarbures déversés à la surface de la mer est sa tendance à s'étaler horizontalement sous l'action conjuguée des forces de gravité, de viscosité et de tension superficielle. On peut retenir comme règle que la gravité domine initialement, influencée par la viscosité des hydrocarbures. Après quelques heures, l'épaisseur de la nappe d'hydrocarbures sera beaucoup plus réduite et la tension superficielle l'emportera sur la gravité. Ainsi, les hydrocarbures répandus sur l'eau formeront une fine couche en forme de lentilles avec la partie intérieure plus épaisse que les bords.

La dispersion naturelle des hydrocarbures est rapide s'il y a un minimum d'agitation (vent, vagues, courants superficiels)

L'évaporation :

Ce processus survient dans les premières heures du déversement, les fractions les plus volatiles sont disséminées dans l'atmosphère à une vitesse dépendant du vent, des températures (eau, air) et du type d'hydrocarbures. Les mers fortes augmentent le taux d'évaporation des hydrocarbures, la crête et l'écume des vagues agissant comme aérosol. Des vitesses de vents et des températures élevées augmentent de même le taux d'évaporation, le résidu qui reste à la surface de la mer a une densité et une viscosité plus importante que les hydrocarbures d'origine. (VOIRIN, 1987)

La dissolution :

Les pertes par dissolution sont faibles car la majorité des hydrocarbures sont peu solubles dans l'eau. Les composants les plus solubles sont aussi les plus volatils, ce qui fait que les pertes par évaporation limite la dissolution. Pratiquement, plus l'eau de mer est salée (cas de la Méditerranée) plus la dissolution est faible. (VOIRIN, 1987)

L'émulsification :

C'est un processus par lequel un liquide peut se mettre en suspension dans un autre liquide. Pour les hydrocarbures nous distinguons 2 types d'émulsions :

- **Emulsion d'hydrocarbures dans l'eau :** si la surface de l'eau est turbulente, les hydrocarbures peuvent se mettre en gouttelettes qui sont en suspension dans l'eau. La nappe est alors peu affectée par le vent et peut se reformer à quelque distance du déversement initial.
- **Emulsion d'eau dans les hydrocarbures :** communément appelés "mousse au chocolat", ce type d'émulsion peut se former en quelques heures et contenir jusqu'à 90% d'eau. (VOIRIN, 1987)

Le résultat est que la densité et la viscosité augmentent ainsi que les volumes à traiter ou à récupérer. La tendance à la formation de mousses est plus importante pour les hydrocarbures de faible viscosité sous l'action d'une houle modérée, des boules de goudrons très persistantes peuvent se former qui sont plus solides que liquides.

La majorité de cette pollution est attribuée aux décharges illégales de ballast sales ou de résidus de machines.

La photo-oxydation :

La combinaison chimique des hydrocarbures avec l'oxygène est appelée oxydation. La réaction chimique se produit à la surface de la mer et est catalysée lorsque les hydrocarbures sont répandus en couches de faible épaisseur. Les radiations ultraviolettes du soleil accélèrent l'oxydation.

Du fait de la rapide atténuation de la diffusion de la lumière à travers les couches épaisses d'hydrocarbures, la photo-oxydation affecte principalement les couches minces ou la partie superficielle des couches épaisses d'hydrocarbures et ses effets peuvent être alors favorables ou défavorables sur l'évolution d'une pollution.

Selon VOIRIN (1987), les hydrocarbures légers oxydés sont généralement plus solubles dans l'eau de mer et plus dispersables et par conséquent biodégradables, alors que sur les hydrocarbures lourds, la photo-oxydation favorise des réactions de polymérisation qui sont défavorables à leur traitement et à leur dégradation ultérieure.

La sédimentation :

L'évaporation, l'émulsification et l'augmentation de densité qui en résultent peuvent aider certains hydrocarbures déjà lourds au départ à couler. La cause la plus commune est généralement l'incorporation de sédiments dans les hydrocarbures vieillis, le coulage et aussi possible quand on rencontre une notable diminution de la densité des eaux de surface (tel que devant les estuaires).

Le déplacement :

Il a été constaté empiriquement que les hydrocarbures flottants se déplacent approximativement sous l'action du vent avec une vitesse de l'ordre de 3% de celle du vent (Fig. 19). En présence de courants de surface, un déplacement supplémentaire des hydrocarbures égale à celui des courants sera ajouté au mouvement induit par le vent.

Près de la côte, la force et la direction des courants de marées doivent être pris en considération si on veut prédire le déplacement des hydrocarbures, mais loin en mer, cette contribution est moins significative par suite du mouvement cyclique des marais. (VOIRIN, 1987).

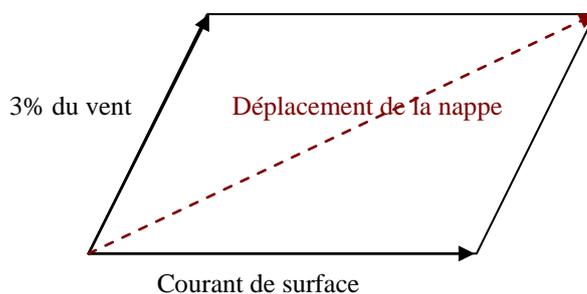


Fig. 19 : Schéma du déplacement des nappes d'hydrocarbures. (in VOIRIN, 1987)

La biodégradation :

La biodégradation des hydrocarbures par les bactéries marines, les champignons et les levures, contribue de manière significative à la transformation de ceux-ci en produits oxydés. Le taux de dégradation est dépendant de la température, de la disponibilité d'oxygène et d'agents nutritifs et du type d'hydrocarbures.

Etant donnée que les bactéries sont actives à l'intérieur de l'interface eau/hydrocarbures, le taux de dégradation est augmenté par des couches de faible épaisseur ou par la formation de gouttelettes d'hydrocarbures dispersées ayant une surface totale importante. Sous des conditions optimales dans la région méditerranéenne, les bactéries peuvent oxyder jusqu'à 1g d'hydrocarbures/m²/jour. (VOIRIN, 1987)

2.5. Impact :

Un déversement d'hydrocarbures entraîne une pollution avec des conséquences d'ordre physique et biologique qui peuvent avoir des répercussions sur l'homme.

Conséquences d'ordre physique :

Un film d'hydrocarbures étalé à la surface de l'eau s'oppose aux échanges air/mer nécessaires aux cycles biologiques marins. Ainsi :

- Il diminue le renouvellement d'oxygène ;
- Il s'oppose au passage du rayonnement solaire, freinant la synthèse chlorophyllienne ;
- Il entraîne une élévation de température et favorise la prolifération de micro-organismes consommateurs d'oxygène.

Conséquences d'ordre biologique :

Les effets des hydrocarbures sur la biocénose sont variés et complexes. Certains se manifestent immédiatement, d'autres à plus long terme. Le tableau 5 résume ces effets sur certains peuplements marins caractéristiques.

Conséquences pour l'homme :

En dehors de l'intoxication directe par inhalation ou ingestion massive de produits pétroliers, la consommation de certains animaux marins (poissons, crustacés, coquillages) qui ont été au contact avec des hydrocarbures peut être dangereuse pour l'homme par effet de sommation. (VOIRIN, 1987)

Mais c'est surtout de façon indirecte, par ces incidences économiques et écologiques, que les effets nuisibles d'une pollution sont ressentis ;

- Dommages aux ressources biologiques, faune et flore marine, en conséquence des entraves à certaines activités maritimes ;
- Dégradation de valeurs d'agrément et atteinte au tourisme qui dans presque tous les états méditerranéens a une valeur économique fondamentale ;
- Baisse de la qualité de l'eau de mer avec incidences sur ses multiples usages (notamment la baignade).

Toxicité des produits pétroliers en milieu fermé :

Dans les activités de lutte antipollution en mer et en atmosphère libre, les effets toxiques des pétroles bruts sont peu à craindre du fait de leur faible toxicité ainsi que de la limite supérieure de tolérance qui est hors d'atteinte.

Toutefois, en cas d'intervention à bord de pétroliers, les risques peuvent être accrus, surtout si le pétrole brut, mélange d'hydrocarbures, contient d'autres substances, en particulier l'hydrogène sulfuré (H₂S)

Tableau. 5 : Effets des hydrocarbures sur certains peuplements marins.

Peuplement	Sensibilité	Effets à court terme	Effets à long terme
Algues	Faible	Engluage ou brûlure des tissus si contact direct avec le produit	Bonne restauration en général
Flore des marais (marins ou marnage)	Variable suivant état de développement et périodes de l'année	Engluage des parties aériennes entraînant asphyxie. Impact dû à la circulation des matériels et personnels de lutte dans les marais	Restauration relativement courte (2 à 3 ans) si renouvellement d'eau et apport de matériaux support. Restauration très lente si rien n'est fait pour la favoriser
Mollusques des zones de marnage	Forte en général	Asphyxie et empoisonnement	Accumulation par les organismes filtreurs. Un pourcentage d'hydrocarbures résiduel même faible dans les sédiments rend les organismes commercialisables impropres à la consommation. Possibilité d'épuration en eau propre dépend du temps de contact avec le polluant. Baisse de reproduction
Faune fixée sur les rochers	Forte en général	Asphyxie et empoisonnement	Dépend de la durée de contact avec le polluant. Dans les zones battues, sensibilité moins élevée car renouvellement d'eau et nettoyage plus rapide
Poissons	Faible pour adultes, forte pour les larves et juvéniles	Par contact direct avec des hydrocarbures ; asphyxie par engluage et effet tensioactif sur les branchies, quittent rapidement les zones polluées	Plaies chez les poissons fouisseurs dans des sédiments pollués, même faiblement (ex. :Poissons plats)
Oiseaux	Variable (forte pour les plongeurs)	Engluage du plumage, empoisonnement par ingestion, destruction des nids et œufs par contact	Désaffection des zones polluées.

Source : VOIRIN, 1987.

L'action des hydrocarbures sur l'organisme humain en milieu fermé peut se faire de 3 façons :

- Par inhalation des gaz :

Selon VOIRIN (1987), les effets possibles en fonction du pourcentage d'hydrocarbures contenus dans l'air respiré sont :

- ✓ irritation des yeux de la gorge et du nez
- ✓ sensation de lassitude
- ✓ symptômes d'anesthésie
- ✓ symptômes d'ivresse
- ✓ coma

- Par contact cutané des liquides :

Les effets possibles du contact cutané à court terme sont :

- ✓ dessèchement de la peau
- ✓ possibilité de dermatoses
- ✓ eczéma par obturation des pores

A long terme, Le contact cutané prolongé avec les hydrocarbures lourds, notamment les hydrocarbures aromatiques, favorise le cancer de la peau.

- Par absorption accidentelle :

Nécessite une intervention médicale. Ne jamais faire vomir l'accidentée pour éviter un risque accru de pénétration dans les poumons et les bronches.

2.6. Lutte et réglementation :

L'objectif principal en ce qui concerne les pollutions par les hydrocarbures est clair : la première préoccupation doit être de prendre toutes les mesures de prévention susceptibles de diminuer la fréquence et la gravité des rejets opérationnels, d'une part, et des déversements accidentels d'autre part.

En l'état des connaissances et des moyens actuels, une mise en œuvre et le développement d'un système rigoureux de prévention, de détection, de surveillance, de contrôle et de lutte est impérative et ce notamment à travers des moyens préventifs et réglementaires, des moyens de contrôles et des moyens techniques de la lutte proprement dite.

L'Algérie a adopté un décret exécutif n° 94-279 du 17 septembre 1994 portant organisation de la lutte contre les pollutions marines et institutions de plans d'urgence. Cette organisation repose sur l'institution de plans d'urgence à 3 niveaux :

- Un Plan National d'Urgence (P.N.U) dénommé Plan "Tel Bahr National"
- Des Plans Régionaux d'Urgence (P.R.U) dénommés Plans "Tel Bahr Régionaux" au niveau des 3 façades maritimes, Oran, Alger et Jijel

- Des Plans Locaux d'Urgence (P.L.U) dénommés Plans "Tel Bahr de Wilayas" au niveau des 14 wilayas côtières.

Le P.N.U, constitue le recueil des informations nécessaires pour permettre aux responsables du pays de prévenir ou de combattre, dans les conditions les moins dommageables, une pollution accidentelle. Le plan a pour objet de définir les responsabilités opérationnelles et de fournir un cadre à une coopération inter-ministérielle indispensable.

Le Comité Tel Bahr National a mené diverses activités dont une séance de travail avec les responsables du REMPEC sur les activités Tel Bahr et l'assistance que pourrait apporter ce centre. Selon LAOUIRA (2002), durant l'année 2002, il y a eu élaboration, par le Comité Tel Bahr National en collaboration avec le REMPEC, d'un projet de Plan d'Urgence National. Ce plan servira de référence pour la préparation des plans d'intervention régionaux et de wilayas.

Pour l'organisation de la lutte contre la pollution marine par les hydrocarbures, la maintenance du matériel ainsi que la formation du personnel sont indispensables et impératifs. Pour cela, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le Comité Tel Bahr National ont mis en œuvre un exercice de simulation de pollution marine accidentelle par les hydrocarbures de portée nationale, appelée ci-après Opération Blanche de Pollution Marine de l'année 2002 (OBPM 2002) qui a eu lieu en mai 2002 à Skikda.

Le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 (Journal Officiel n° 46 du 14 juillet 1993), réglementant les rejets d'effluents liquides industriels fixe la valeur limite maximale des hydrocarbures rejetés des installations de déversements industriels à 20 mg/l.

Selon ROUIDI (2002), Ce même paramètre a été fixé à 5 mg/l dans les eaux de lavage des fumées des centres d'incinération suite à une directive discutée au parlement de Bruxelles en 1999.

La loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral en son article 36 précise que des mesures d'incitation économique et fiscale favorisant l'application de technologies non polluantes et d'autres moyens compatibles avec l'internationalisation des coûts écologiques, sont institués dans le cadre de la politique nationale de gestion intégrée et de développement durable du littoral et des zones côtières.

L'élimination des hydrocarbures de la surface de la mer où ils ont été répandus (Fig. 20) nécessite des techniques d'intervention qui varient selon la nature et les conditions du sinistre dont :

- des barrages (flottants) : pour confiner, collecter et diriger les nappes d'hydrocarbures ;
- des écrémeurs : pour récupérer les hydrocarbures sous formes d'émulsion hydrocarbures/eau
- des dispersants : agents chimiques réduisant la tension superficielle des hydrocarbures, ils fragmentent la nappe en gouttelettes et favorisent leur biodégradation
- des absorbants flottants : utilisés pour fixer et agglomérer le polluant
- combustion...etc.



Fig. 20 : Photographie d'une marée noire (Encyclopédie Encarta, 2002)

3. Polluants métalliques : Les métaux lourds.

Les organismes marins sont capables de concentrer plusieurs centaines des métaux pris dans la phase soluble ou particulaires ainsi que dans le sédiment. Il apparaît fondamental de mettre en évidence l'origine et le devenir de ces métaux si l'on veut comprendre l'impact qu'ils peuvent avoir sur les organismes vivants.

2.1. Définition :

Sous la dénomination métaux lourds, sont rassemblés le plus fréquemment le zinc (Zn), cadmium (Cd), mercure (Hg), cuivre (Cu), argent (Ag), plomb (Pb) et cobalt (Cb). En fait, la définition du terme métaux lourds n'est pas toujours rigoureuse et connaît d'importantes nuances selon les disciplines scientifiques.

D'un point de vue physique, ce terme se rapporte aux éléments de densité supérieure à 5g/cm^3 . Pour les géologues, ce terme est utilisé pour désigner des éléments présents à l'état de traces dans l'environnement. (BENAMAR, 1997)

3.1.1. Cadmium :

Elément métallique de symbole Cd, blanc brillant, malléable et ductile, de numéro atomique 48.

Le cadmium est le 65^e élément naturel le plus abondant dans la croûte terrestre. Ce métal assez rare est presque toujours associé, à l'état naturel, au zinc et au plomb. Ses concentrations naturelles dans les rivières et les mers atteignent le micro-gramme par litre. Les agents de contamination sont essentiellement les mines et les raffineries, les rejets industriels et les eaux usées urbaines, les engrais phosphatés et les insecticides.

Dans les milieux aquatiques, cet élément est rapidement transféré aux sédiments et absorbé par les organismes qui y évoluent.

Plus toxique encore que le mercure pour la vie marine, il se concentre essentiellement dans le foie, les reins mais aussi dans la chair des poissons, ceux-ci y étant particulièrement sensibles.

3.1.2 . Fer :

Le fer (du latin *ferrum*), est un élément métallique blanc argenté, de symbole Fe, magnétique et malléable. Le fer est l'élément de transition de numéro atomique 26.

A l'état libre, le fer métallique se trouve dans les météorites, en général allié au nickel. Le métal est largement présent dans certains composés chimiques. C'est le 4^e élément le plus abondant dans la croûte terrestre. Proche de l'aluminium par ses propriétés, c'est le plus abondant des métaux. De petites quantités de fer sont présentes sous forme combinée dans les eaux naturelles, les plantes et le sang.

En plus de l'industrie (minière et chimique), l'origine du fer soluble dans les eaux peut être le lessivage des terres par les pluies et les rivières qui drainent une fraction de ce métal vers la mer, quand celui-ci ne s'infiltré pas dans le sol pour s'accumuler dans les eaux souterraines, contaminant à l'occasion les nappes phréatiques.

3.1.3 . Mercure :

Le mercure (du latin hydrargum, "argent liquide"), est le seul métal liquide à température ambiante, de symbole Hg et de numéro atomique 80. il est assez peu abondant dans le milieu naturel.

En plus de ses émanations volcaniques, présent à l'état naturel dans certains minerais, le mercure, par lessivage, se retrouve dans les eaux continentales à un taux moyen de 0,5 µg/l, et à 3 µg/l dans les océans. (BOURDIAL, 1988)

A ces deux principales sources d'émission naturelles s'ajoutent les sources artificielles extrêmement nombreuses dont l'industrie chimique qui utilise (et rejette) du mercure pour l'obtention de chlore et de soude ou pour la transformation de l'acétylène en chlorure et acétate de vinyle. Employé dans la fabrication de divers appareillage notamment de mesure, le mercure métal est peu recyclé, et finira par conséquent dans la nature.

Selon BOURDIAL (1988), suivant les conditions physico-chimiques du milieu, le mercure minéral, qui arrive dans l'écosystème marin, est convertit par les bactéries benthiques en différents composés mercuriels dont le méthyl-mercure (le plus dangereux) qui peut très bien s'accumuler le long des chaînes alimentaires.

3.1.4 . Nickel :

Le nickel est un élément chimique, métallique, blanc argenté de symbole Ni et de numéro atomique 28. il est assez peu réparti dans l'écorce terrestre, on le trouve dans les météorites et sous forme combinée dans des minéraux. Très employé dans les dispositifs électroniques et comme revêtement protecteur et ornemental pour les autres métaux, ce métal fini forcément dans la nature. Et l'industrie semble être une source non négligeable.

3.1.5 . Plomb :

C'est un élément chimique, métallique, dense et ductile, d'un gris bleuâtre, de symbole Pb et de numéro atomique 82. largement réparti à la surface du globe, il est généralement associé au zinc et stocké dans le sol sous forme de galène (minéral), il se retrouve aussi dans les poussières de silicate, les aérosols volcaniques, les fumés de feux de

foret, les sels marins ou les météorites. Sa concentration naturelle dans les eaux continentales atteint 0,5 µg/l, elle est de 0,015 µg/l dans l'eau de mer et de 0,0006 µg/m³ dans l'atmosphère. (BOURDIAL, 1988)

Ses émissions artificielles dans l'eau et les sols ont essentiellement pour origine les fonderies de métallurgie et les incinérateurs d'ordures. Les gainages de câbles en alliage de plomb qui garantissent l'étanchéité et le blindage électrique ou certains insecticides enrichissent également le milieu.

3.1.6 . Zinc :

Le zinc est un élément chimique métallique, bleuâtre, de symbole Zn et de numéro atomique 30. Il est assez abondant dans la croûte terrestre, mais on ne le trouve pas à l'état libre dans la nature, mais sous forme d'oxyde de zinc (ZnO), de silicate (2ZnO, SiO₂, H₂O), de carbonate de zinc (ZnCO₃)...etc. A l'état pur, le zinc est un métal cristallin, insoluble dans l'eau. Son origine artificielle ne peut être qu'industrielle. Il est principalement utilisé comme revêtement protecteur anti-corrosion des aciers, on le trouve également dans les plaques des piles électriques sèches et il est utilisé dans le traitement des eaux industrielles

3.1.7 . Chrome :

Elément blanchâtre, dur et inoxydable, le chrome est assez réparti dans les sols et extrait pour une grande part du minerai de chromite. Selon BOURDIAL (1988), la teneur naturelle des eaux de surface avoisine 3 µg/l ; dans les sols elle est de l'ordre de 24 mg/kg. Les sources d'émissions polluantes sont essentiellement dues aux opérations de rinçage des pièces à l'eau courante de la galvanoplastie, de la métallurgie et de la sidérurgie. L'utilisation de chrome comme inhibiteur de corrosion est aussi source de pollution ainsi que les tanneries qui utilisent et rejettent également une très forte quantité de sels de chrome.

3.1.8 . Cuivre :

Elément chimique métallique de couleur rouge-brun, de symbole Cu et de numéro atomique 29.

Moyennement abondant dans la croûte terrestre, le cuivre est inégalement réparti à la surface du globe et la plupart des gisements sont situés dans l'hémisphère Sud. Le cuivre existe à l'état natif ou combiné à d'autres corps, comme le soufre. Il existe environ 165 variétés de minerais de cuivre classés en deux types, les minerais sulfurés, les plus répandus, et les minerais oxydés.

Le cuivre pur est très malléable et ductile. C'est un excellent conducteur d'électricité. Le cuivre présente également une importante conductibilité calorifique. Il n'est attaqué que par les acides oxydants, tels que l'acide sulfurique à chaud et l'acide nitrique et présente donc une résistance convenable à la corrosion. L'industrie est donc une source potentielle du cuivre.

3.1.9 . Manganèse :

Elément chimique métallique cassant, blanc argenté, de symbole Mn et de numéro atomique 25. Le manganèse est le 12^e élément par son abondance dans la nature. Il est

largement répandu sous la forme de minerais, tels que la pyrolusite (MnO_2), minéral principal

Il est utilisé comme dépolarisant dans les batteries à pile sèche, ainsi que dans la préparation du chlore, de l'iode et des huiles pour peintures et vernis. Ce qui fait de l'industrie une source potentielle pour cet élément, en plus de sa source naturelle.

2.2. Devenir :

La pollution des eaux marines est pour sa part essentiellement localisée dans la zone côtière où s'écoulent fleuves, déversements d'usines et égouts. Les micro-polluants minéraux ne s'accumulant pas dans l'eau (réceptrice) elle-même, sont assez rapidement transférés dans les sédiments où ils sont en partie métabolisés par les organismes vivants et mis en circulation dans les chaînes alimentaires où leur toxicité s'épanouit. L'irréversibilité de cette pollution est particulièrement préoccupante du fait qu'il est pratiquement impossible de récupérer aisément ces métaux, une fois dissipés dans la nature ; leur rémanence est la cause même d'une accumulation difficilement contrôlable.

Les micro-organismes aquatiques introduisent ses micro-polluants dans la biosphère, ils sont les premiers maillons des chaînes alimentaires le long desquelles les polluants rémanents vont s'accumuler dans les tissus des mangeurs successifs et ce par bio-accumulation:

La bio-accumulation est un processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. Le processus se déroule en 3 temps :

L'assimilation :

Il existe 2 voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe (par contact) qui provoque un phénomène d'adsorption, et la voie interne par assimilation ou absorption.

Toute absorption n'est pas nécessairement dangereuse. D'une part, tout dépend des concentrations du polluant. D'autre part, il ne faut s'intéresser qu'à la fraction soluble du métal ; la fraction insoluble étant éliminée par différentes voies : solide (féces), liquide (urine), cutanée (sueur...)

La partie soluble bio-disponible (assimilable), se rencontre dans certains organes (organotropisme), cette réceptivité est due soit à une fonction particulière (foie ; principal siège de la métabolisation, reins ; siège de l'excrétion) soit à la composition physico-chimique de l'organe, favorisant le stockage du contaminant (Calcium/plomb dans les os) ou permettant les accumulations.

Il existe également des différences selon les métaux ; le cadmium se concentre presque exclusivement dans le tube digestif, le foie et les reins. Le plomb diffuse dans la peau, les muscles et la colonne vertébrale. Le mercure, dans sa forme organique, diffuse dans le système nerveux et le fœtus.

La bio-concentration :

Tous les métaux lourds en général sont concernés par la bio-concentration (bio-accumulation par l'individu), mais plus particulièrement le mercure, lorsqu'il est présent sous forme organique (méthyl-mercure).

Ce processus d'accumulation s'exprime par un ratio entre la concentration du composé étudié dans le milieu et la concentration dans l'organisme et ce ratio est dit « Facteur de Bio-concentration ; (BCF) »

Selon les espèces et les métaux, il existe d'importantes différences. En effet, il semblerait que les fruits de mer, mollusques et crustacés, et dans une moindre mesure, certains poissons sont d'excellents capteurs de polluants. Tandis que le BCF dans les plantes est assez variable.

La bio-amplification :

Les transferts trophiques de métaux (bio-accumulation entre individus) suivent un processus classique. Le polluant, présent dans les algues et micro-organismes est ingéré par un herbivore, lui-même proie d'un carnivore, lui-même proie d'un super-carnivore, animal ou homme. En bout de chaîne alimentaire, le consommateur final aura bio-accumulé les formes solubles des métaux.

Selon les prédateurs et les métaux, les concentrations peuvent augmenter au fur et à mesure que l'on progresse dans la chaîne trophique, comme c'est le cas pour le plomb et surtout le mercure sous sa forme méthylée. Ce dernier s'accumulant à chaque étape, se retrouve ainsi concentré en bout de chaîne alimentaire selon le phénomène de bio-amplification.

2.3. Toxicité et impact :

La toxicité des métaux lourds est très variable et est fonction du niveau trophique, du facteur de bio-concentration (BCF) de chaque espèce, du phénomène de bio-amplification ainsi que de la forme même sous laquelle le micro-polluant est ingéré.

Les intoxications les plus importantes et les plus graves, notamment pour le mercure, ont souvent été liées à la consommation de poissons. En effet, le mercure est extrêmement toxique sous forme de vapeur et sous la forme de ses sels solubles dans l'eau, qui rongent les membranes cellulaires. Lorsque de faibles quantités du métal ou de ses sels solubles dans les graisses (tel le méthyl-mercure) sont ingérées de façon répétitive sur de longues périodes, un empoisonnement chronique au mercure se produit chez l'homme. Cette intoxication provoque des dommages spectaculaires et quasi irréversibles dans le cerveau, le foie et les reins.

Le plomb, introduit dans l'organisme sous quelque forme que ce soit, est très toxique. Après une période d'accumulation, l'empoisonnement (chez l'homme) se manifeste par l'anémie, la faiblesse, la constipation, la colique et la paralysie (poignets et chevilles en particulier). Les enfants sont particulièrement exposés à l'empoisonnement. En effet, même pour des concentrations minimales, le plomb peut retarder le développement moteur, altérer la mémoire et provoquer des problèmes d'audition et des troubles de l'équilibre. Chez les adultes, il peut provoquer une augmentation de la pression artérielle.

Les fruits de mer, d'une part, sont d'excellents capteurs des polluants métalliques et d'autre part la concentration se fixe sur les organes d'assimilation (équivalents foie et reins), qui sont précisément ce que l'homme mange. Ils accumulent surtout le cadmium et dans une moindre mesure le plomb, mais peu le mercure.

Chez les poissons, le cadmium se concentre non seulement dans le foie et les reins mais aussi dans la chair. L'homme n'éliminant pratiquement pas ce métal (ingéré),

l'accumulation peut entraîner des réactions plusieurs années après une intoxication. Selon BOURDIAL (1988), la maladie généralisée qui en résulte, connue sous le nom d'Itaï-Itaï, engendre des troubles osseux.

Le chrome, par contre, est un métal qui n'est pas toxique en lui-même pour l'homme. Cependant, ses sels hexavalents et trivalents (notamment l'acide chromique) le sont. En effet, le chrome trivalent qui à la base a peu d'effet sur l'appareil digestif, absorbé de façon régulière est accumulé dans les tissus et à terme cela représente un certain danger. Le chrome hexavalent quant à lui, provoque une forte irritation du tube gastro-intestinal.

2.4. Normes de qualité :

La prise en compte de la pollution métallique (dans le sédiment) d'un point de vue réglementaire étant absente, le tableau 6 donne un résumé des normes hollandaises (DONZE, 1990, et DAVIS *et al.*, 1990) et algériennes (Recommandations des services de l'environnement concernant les immersions des déblais de dragage provenant des enceintes portuaires – 9 novembre 1991 – Ministère Délégué à la Recherche, à la Technologie et à l'Environnement), auxquelles nous ferons référence.

Tableau.6 : Normes hollandaises et algériennes pour l'évaluation des polluants métalliques dans les sédiments.

Classe	Normes hollandaises				Normes algériennes
	Référence	Test		Alarme	
	>>1 <<	>> 2 <<	>> 3 <<	>> 4 <<	
Paramètres	Limite A	Limite B		Limite C	
Cd	0.8	7.5		30	3
Cr	100	480		1000	250
Cu	36	90		400	150
Hg	0.3	1.6		15	1.5
Pb	85	530		1000	250
Zn	140	1000		2500	500
Ni	-	-		-	75

Les valeurs de référence A, B et C sont utilisées par les autorités hollandaises par rapport au taux de pollution du sédiment.

- Un sédiment dont la teneur en polluant ne dépasse pas la limite A, appartiendra à la classe 1 (sédiment naturel non pollué)
- Dans l'intervalle A-B (classe 2), le sédiment est pollué
- Dans l'intervalle B-C (classe 3), le sédiment est très pollué
- Dans le cas où les teneurs en polluants excéderaient la limite C (classe 4), le sédiment est fortement pollué.

MATERIEL ET METHODES

II. Matériel et méthodes :

II.1. Présentation de la zone d'étude :

D'un point de vue global, notre étude prend en considération la zone littorale située au niveau des 5 communes de ; Filfila, Ben Mhidi, Skikda, Stora et Ain Zouât.

Localisation :

La zone d'étude correspond principalement à : (voir fig. 21)

- Diverses plages (16 dont les stations de prélèvement respectives d'est en ouest sont : S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S19, S20, S22, S23, S24 et S25) situées au niveau de 5 communes (Filfila, Ben Mhidi, Skikda, Stora, Ain Zouât) ;
- Trois ports dont deux (ports de commerce dont stations de prélèvements respectives sont d'Est en ouest : S15 et S18) se situent au niveau de la commune de Skikda et le troisième (port de pêche dont la station de prélèvement est S21) à Stora ;
- Une zone industrielle à 4km du chef lieu de la commune de Skikda (RA1/K – S12-, CP1/K – S13- et GL1/K – S14-);
- L'embouchure de l'Oued Safsaf dont la station de prélèvement est S16 (Skikda);
- Un point chaud (dont la station de prélèvement est S17 (Skikda)) ;
- Un point de référence dont la station de prélèvement est S1 (Skikda).

Les plages de Ben Mhidi et de Filfila sont subdivisées en postes (Ex. P1, P2,...)

1. Commune de Filfila :

Au niveau de Filfila, la partie de la zone d'étude concernée correspond à 4 plages (P8, P7, P6, P entre5 &6) faisant partie de la zone côtière centre de la wilaya de Skikda.

Pour ces plages, les sources potentielles de pollutions en amont sont ; Oued Righa et le rejet urbain situés notamment au niveau du P8, en plus des baigneurs en saison estivale.

2. Commune de Ben Mhidi :

Correspondant à 6 plages (P5, P4, P3, P2, P1, Pl. Camp de toile), cette partie de la zone d'étude (Zone côtière centre) est soumise à un flux assez important des vacanciers en saison estivale, ce qui constitue l'une des sources (Ponctuelle) éventuelle de pollution, notamment bactérienne, cependant, 2 rejets urbains, l'un au niveau du « P4 » et l'autre à l'ouest du « P1 » constituent en amont, une source de pollution potentielle et permanente.

3. Commune de Skikda :

Les plus importantes sources de pollutions pour la wilaya de Skikda sont localisées au niveau de la commune de Skikda du fait de la concentration de l'urbanisation et de l'industrie en cette commune.

Au niveau de cette dernière, la partie de la zone d'étude concernée comprend ; diverses unités et complexes formant ainsi la zone industrielle de Skikda (RA1/K, CP1/K, GL1/K dont les stations de prélèvement respectives sont 12, 13 et 14), les 2 ports

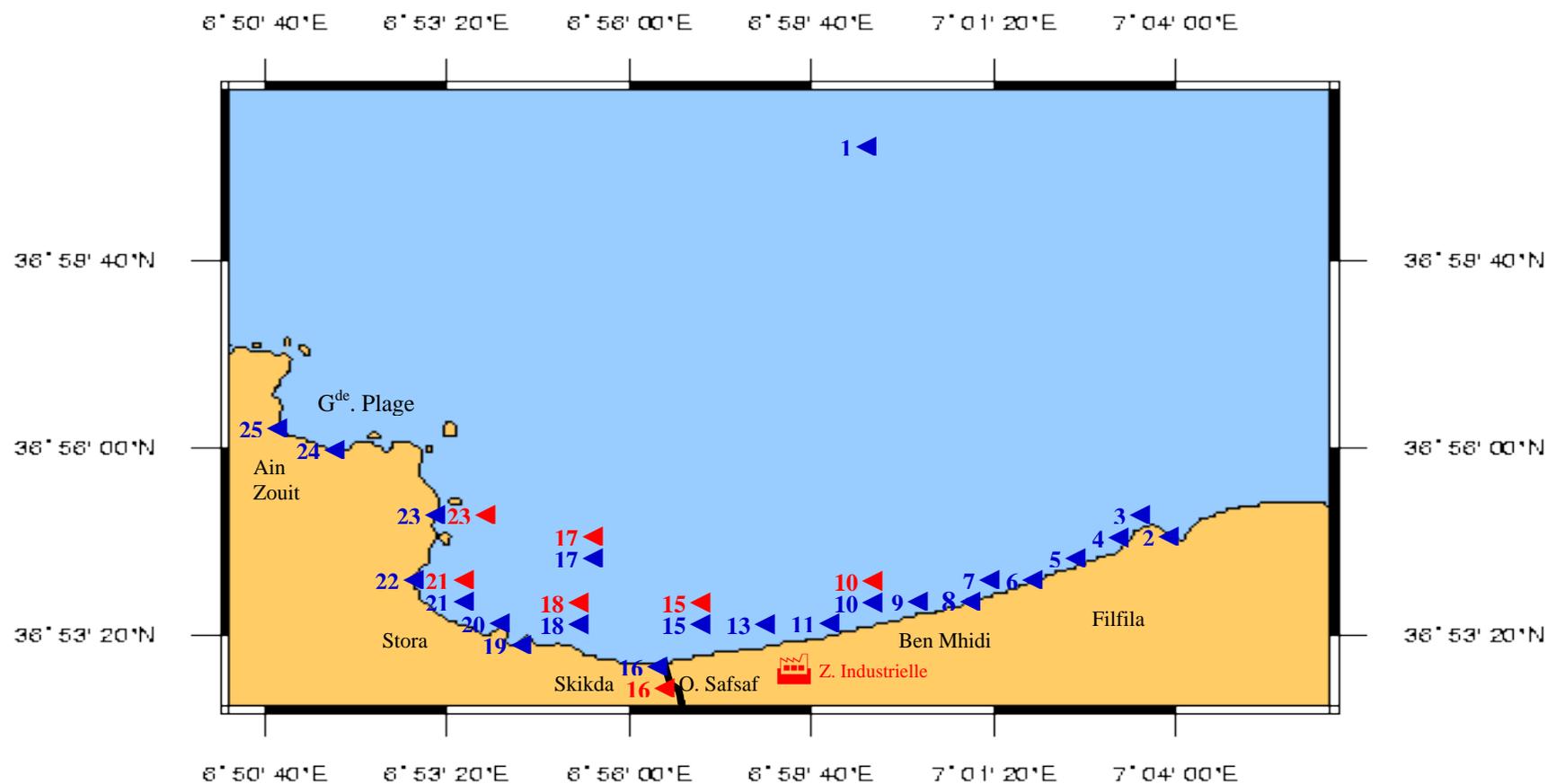


Fig. 21 : Situation des sites de prélèvements des échantillons d'eau (◀) et de sédiment (▶).

commerciaux (mixte et hydrocarbures), l'Oued Safsaf, 2 plages (Marquette, Militaire), en plus des 2 points ; chaud et de référence.

3.1. Zone industrielle :

Située à l'est de la ville de Skikda à environ 4km, la zone industrielle s'étend sur une superficie d'environ 1200ha. Elle est bordée au nord par la mer méditerranée, à l'est par la commune de Ben Mhidi et au sud par la vallée de l'Oued Safsaf et de la commune de Hamrouche Hamoudi.

Dotée d'un réseau de drainage juxtaposant l'ensemble des sites de production, la plate-forme industrielle de Skikda rejette ses eaux (de surface, apports extérieurs, divers effluents des unités industrielles) principalement en 4 points différents ;

- Rejet (canal 10) à travers deux vannes à l'Oued Safsaf ($2\text{m}^3/\text{s}$) ;
- Rejet du canal « Marhoun » sur l'Oued Safsaf ($4\text{m}^3/\text{s}$) ;
- Rejet à travers un canal aménagé sur l'Oued Safsaf (eaux du GL1/K. $2\text{m}^3/\text{s}$)
- Rejet sur mer à travers un canal aménagé (eaux du GL1/K. $2\text{m}^3/\text{s}$).

Pour les unités situées au nord de la vallée centrale, le rejet des eaux se fait sur la mer ($3\text{m}^3/\text{s}$).

3.2. Ports de commerce :

Les ports de Skikda sont représentés essentiellement par ;

- le «Port Mixte » (ancien port) qui assure le transit des passagers, des marchandises et des hydrocarbures ;
- le « Nouveau Port », orienté principalement vers le trafic hydrocarbures liquides, gazeux et aromatique.

3.3. Oued Safsaf :

Prenant sa source dans le sud de la commune d'El Harrouch, l'Oued Safsaf rejoint la méditerranée au lieu dit « l'îlot » sur une distance d'environ 60km, son bassin versant est de l'ordre de 1165km^2 et son écoulement annuel moyen est de 1500hm^3 .

En plus du drainage des eaux usées domestiques (des agglomérations d'El Harrouch, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour, Beni Bechir et quelques rejets de la commune de Skikda par le biais de l'Oued Zeramna qui déverse dans l'Oued Safsaf), l'Oued Safsaf est soumis à plusieurs sources de pollutions tel que la raffinerie, la centrale thermique, l'ENAMARBRE et le GL1/K.

3.4. Les plages :

Au niveau de la commune de Skikda, les plages prises en compte dans le cadre de notre étude sont la plage Marquette et la plage Militaire qui font partie de la zone côtière centre.

Les sources potentielles de pollutions(en plus des baigneurs en saison estivale) en amont sont les eaux usées urbaines rejetées directement sans traitements au niveau de la plage Marquette et celles drainées par l'Oued Griva (lors des crues) vers la plage Militaire.

3.5. Point chaud :

Ce point est situé entre 36°54'00'' N et 6°55'00'' E et supposé être exposé à diverses sources de pollutions (urbaines et industrielles) du fait de sa localisation centralisée par rapport à divers rejets ; au sud-est de ce point il y a la zone industrielle, le Nouveau Port et l'Oued Safsaf et au sud-ouest il y a le port mixte et le port de pêche.

3.6. Point de référence :

Ce point est situé entre 37°00'00'' N et 07°00'00'' E (au large) et supposé n'être exposé à aucune sources de pollutions du fait de sa localisation assez éloignée par rapport à divers rejets (sauf pollution accidentelle occasionnée par le trafic maritime).

4. Commune de Stora :

Au niveau de cette commune, notre étude prend en considération le port de pêche en plus des deux plages Mollo et Miramare.

4.1. Port de pêche :

Situé à la commune de Stora, le port de pêche est soumis à diverses sources de pollutions dont deux importants rejets urbains au sein même du port en plus des eaux de lavage (et parfois de ballastes) des chalutiers et sardiniers.

4.2. Les plages :

La plage Miramare est située à quelques kilomètres à l'ouest de « Mollo » qui elle-même est située à l'ouest du port de pêche. Ces plages sont très fréquentées en saison estivale ce qui constitue une source éventuelle de pollution.

5. Commune de Aïn Zouit :

Au niveau de cette commune, notre étude prend en considération deux rejets urbains déversant sur la mer, l'un représenté par le rejet final du camp de toile de la « Grande Plage » et l'autre par le rejet final des logements agricoles (Grande Plage).

Infrastructures:

Les diverses infrastructures prises en compte au cours de notre étude sont localisées principalement au niveau de la commune de Skikda.

1. Infrastructures industrielles : (Fig. 22)

Caractérisée par une prédominance pétrochimique, la zone industrielle regroupe un ensemble de complexes et d'unités dont la gestion est assurée par l'EGZIK (Entreprise de Gestion de la Zone Industrielle).

1.1. Centrale Thermique Electrique : (CTE)

S'étendant sur une superficie de 9.8ha, elle est située à 2km à l'est de la ville de Skikda, elle dispose d'une seule unité de production qui utilise le gaz naturel comme combustible (5.10^8 nm/an) et l'eau de mer déminéralisée pour l'alimentation des chaudières.

- **Pollution Générée :**

Ne générant pas de déchets solides, la CTE est caractérisée par une pollution :

- **Atmosphérique :**

Issue essentiellement de la combustion du gaz naturel (vapeurs d'eau et CO₂) et qui reste sans aucun traitement.

- **Hydrique :**

Dues à deux types d'eaux rejetées ; les eaux industrielles (régénération des chaînes de déminéralisation aboutissant au canal de rejet du GL1/K) et les eaux sanitaires (aboutissant au canal acheminant les eaux du GL1/K et à l'Oued Safsaf)

1.2. Complexe de Liquéfaction du Gaz : (GL1/K)

Situé au sud de la mer méditerranée, au niveau de la plate-forme pétrochimique, le GL1/K est à 2.5km de la ville de Skikda sur la rive Est de l'Oued Safsaf jusqu'à son embouchure sur la mer (Fig. 22).

Avec une superficie de près de 92ha, il avoisine à l'est le Complexe CP1/K, au sud et sud-ouest des terrains vagues et à l'ouest la CTE.

- **Activité :**

A partir du gaz naturel (acheminé de Hassi Rmel par pipe), le GL1/K produit essentiellement du gaz liquéfié destiné à l'exportation et à l'extraction des hydrocarbures lourds auquel s'ajoutent ; l'éthane, le propane, le butane et le naphta léger dont les capacités sont représentées par la figure 23.

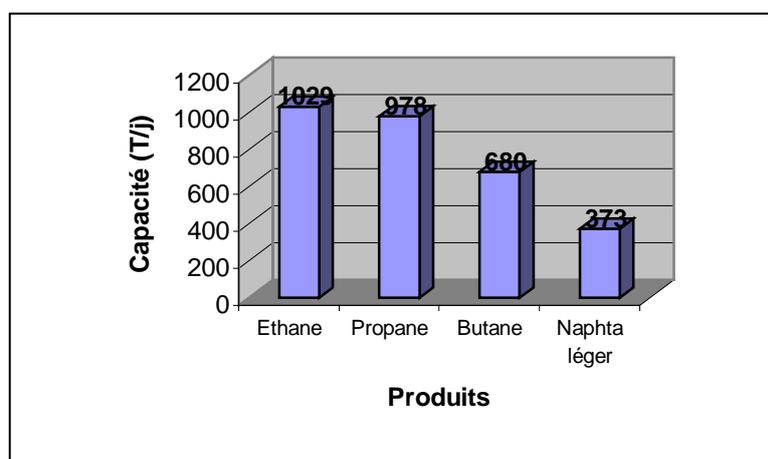


Fig. 23 : Représentation graphique de la production journalière du GL1/K.

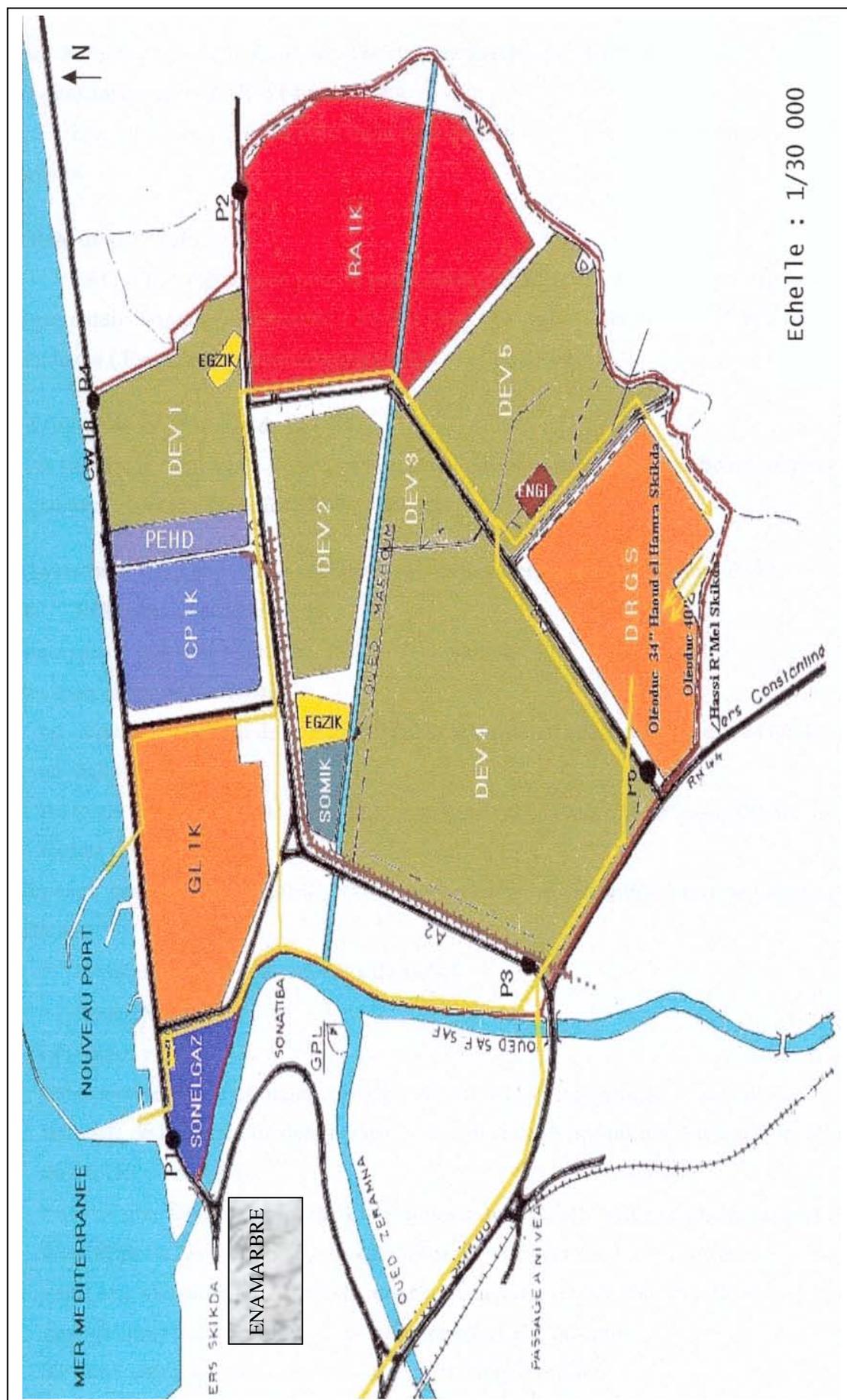


Fig . 22 : Plan de masse de la zone industrielle de Skikda. (ROUIDI, 2002)

- **Pollution générée :**

- **Atmosphérique :**

La liquéfaction du gaz naturel correspond à un refroidissement progressif de ce gaz qui passe par la combustion, la décarbonatation et la déshydratation. De ce fait, il y a production et rejet dans l'atmosphère de CO, CO₂, NOX, vapeur d'eau, H₂ et hydrocarbures imbrûlés libérés dans l'atmosphère sous forme de fumés noirs par les torches.

- **Hydrique :**

Utilisant de grandes quantités d'eau de mer (traitée) lors du cycle de production, le GL1/K génère des eaux industrielles représentées par :

- ✓ **Les eaux de refroidissement :**

Rejetées directement en mer (114000m³/h) sans traitement préliminaire.

- ✓ **Les eaux de process :**

Représentées par les eaux déshuilées évacuées par le canal de rejet vers la mer (risque de contamination des eaux pluviales dans le bassin de collecte par une infime partie d'huile) et les solutions de régénération (HCL, NaOH) dont la production est occasionnée lors de la régénération de résines. Ces solutions sont collectées dans une fosse de neutralisation qui est purgée vers la mer 1fois/semaine en moyenne.

S'ajoutent à cela la saumure(effluent essentiel des dessalures) qui est évacuée en continue vers la mer (T°C>40°C) et les hydrocarbures aboutissant des chaînes de production et de l'unité de transport.

Les eaux contenant des hydrocarbures sont dirigées vers un décanteur d'une capacité de 800m³/h. les huiles récupérées sont dirigées vers l'école à feu pour les manœuvres de simulation et les eaux sont évacuées vers l'Oued Safsaf.

- ✓ **Les eaux domestiques :**

Au complexe GL1/K, les eaux usées domestiques sont collectées dans des fosses septiques et évacuées par la suite à la mer (à travers le canal de rejet).

1.3. Complexe Pétrochimique : (CP1/K)

A 5km à l'est de Skikda, le Complexe CP1/K s'étend sur 54ha. Le complexe est bordé à l'est par Polymede, à l'ouest par le GL1/K, au nord par la mer méditerranée et au sud par la zone de développement de la pétrochimie (Fig. 22).

- **Activité :**

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 000T/an). La capacité de production des divers types de produits est représentée par la figure 24.

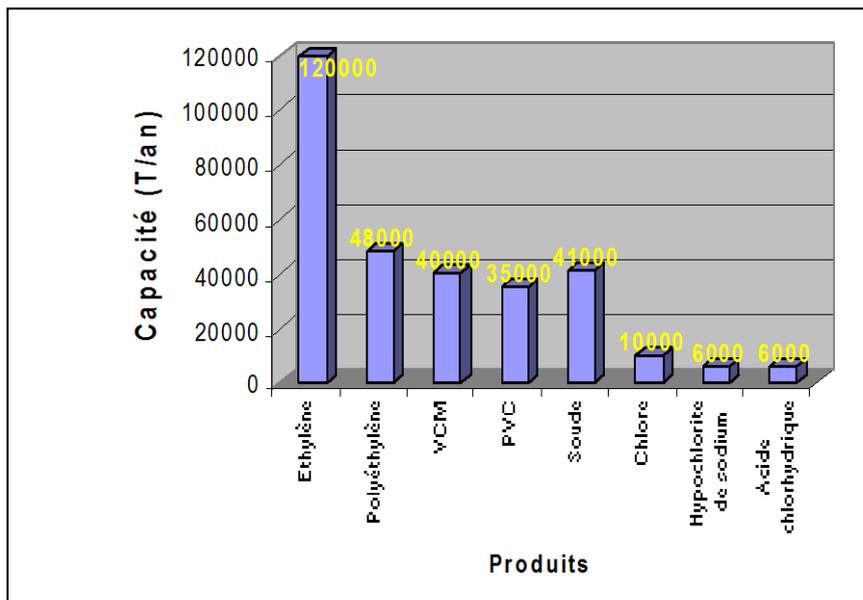


Fig. 24 : Représentation graphique de la production annuelle du CP1/K.

- **Pollution générée :**

- **Atmosphérique :**

L'ensemble des rejets à l'atmosphère du CP1/K sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 7: Effluents atmosphériques du CP1/K.

Type de rejet	Origine
Vapeur de mercure	Unité chlore-soude
Chlore	Unité chlore-soude
Ethylène	Unité VCM et polyéthylène
EDC	Unité VCM
VCM	Unité VCM et PVC
Poussières de PVC	Unité PVC
Emission de CFC	-

➤ Hydrique :

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

1.4. Complexe de Raffinage : (RA1/K)

Avec une superficie de 190ha, le complexe RA1/K se situe à l'extrême Est de la zone industrielle (Fig. 22).

• Activité :

Le complexe RA1/K a comme activités principales ; le raffinage du pétrole brut, le traitement du naphta ainsi que du brut réduit. Les divers produits du RA1/K sont représenté par la figure 25.

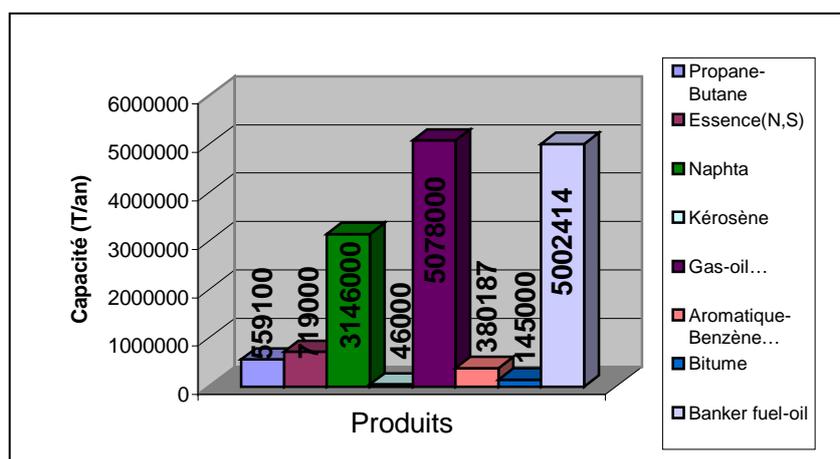


Fig. 25: Représentation graphique de la production annuelle du RA1/K.

• Pollution générée :

➤ Atmosphérique :

Le complexe de raffinage est considéré comme le principal générateur d'une pollution atmosphérique au niveau de la zone industrielle de Skikda.

Les rejets atmosphériques du RA1/K sont caractérisés par la présence ; de vapeur d'eau, de CO₂, d'O₂, de N₂, d'H₂S et des traces de chlorures. Ces gaz ont comme origine les deux torches de ce complexe.

Depuis près de 2 ans, une réduction de 80% des émanations vers l'atmosphère a été marquée suite à l'installation d'un module de récupération des gaz torchés au niveau des topping dont le principe est de recycler ces gaz par dilatation atmosphérique.

➤ **Hydrique :**

Toutes les eaux de process de la raffinerie, les eaux sanitaires et celle du laboratoire sont collectées (après neutralisation) dans un bassin d'où elles sont transférées grâce au réseau des 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 Safsaf et atteignant finalement la mer.

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

Le tableau 8 suivant met en évidence les caractéristiques de la station de traitement des effluents liquides du RA1/K :

Tableau 8 : Caractéristiques de la station de traitement des effluents liquides du Complexe RA1/K :

	Capacité de traitement (m3/j)	Procédé	Rendement théorique	Rendement réel
Station de traitement	2880	<ul style="list-style-type: none"> • Déshuilage • Neutralisation • Flocculation • T. Biologique • Décantation • Filtration 	100%	80%

1.5. Entreprise Nationale du Marbre : (ENAMARBRE)

L'ENAMARBRE est située à l'est de la ville de Skikda et à proximité de la rive ouest de l'Oued Safsaf et à l'ouest de la zone industrielle (Fig. 22).

• **Activité :**

Comme son nom l'indique, l'ENAMARBRE a comme activité la fabrication de produits en marbre (dalles de marbre, dallage fini, bibelots). La matière première(le marbre) est originaire de la mine de Filfila avec une consommation annuelle de 880T/an.

• **Pollution générée :**

➤ **Hydrique :**

Les eaux de process sont collectées dans un bassin de décantation sous dimensionné et de ce fait, elles sont rejetées à l'Oued Safsaf chargées en poussières de marbre. Ces poussières sont nuisibles pour la faune marine, notamment, les poissons auxquels des irritations des branches peuvent être provoquées ainsi que des difficultés respiratoires.

2. Infrastructures portuaires : (EPS)

Disposant de 5 ports dont 3 sont destinés à la pêche (El Marsa, Stora, Collo), l'Entreprise Portuaire de Skikda (EPS) a incontestablement un rôle primordial dans les échanges internes et externes du pays, rôle particulièrement déterminant pour l'est et le sud-ouest algérien.

Par la présente étude, 3 ports seulement (Fig. 26) sont concernés (faute de sécurité et de moyens de transport).



Fig. 26 : Photo aérienne des 3 ports de Skikda.
(1.Port de pêche, 2.Ancien port, 3.Nouveau port)

2.1. Port mixte : (Ancien port, Fig. 27)

Le port mixte, situé au chef lieu de la ville de Skikda entre la longitude Est $6^{\circ}54'30''$ et la latitude Nord $36^{\circ}53'20''$ dispose des caractéristiques énumérées dans le tableau 9.

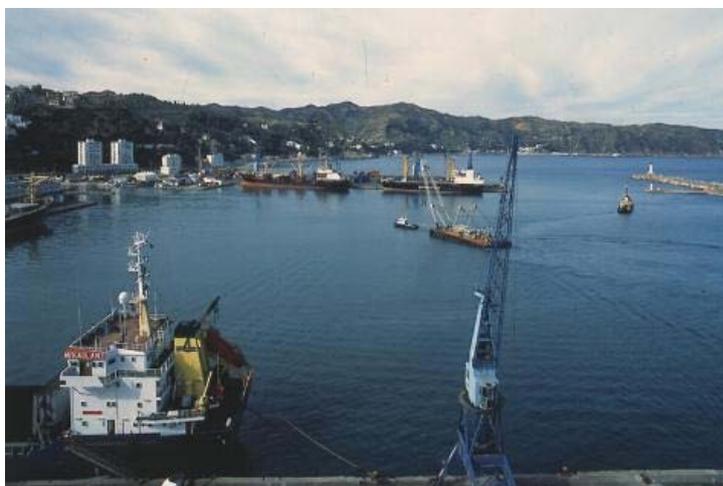


Fig. 27 : Photographie du Port mixte de Skikda (Ancien port, Avant port).

Tableau 9 : Fiche signalétique de l'ancien port de Skikda.

Caractéristiques	
Accès maritime (Passe d'entrée)	<ul style="list-style-type: none"> • 120m de longueur • 15m de profondeur
Bassins	<ul style="list-style-type: none"> • de l'avant-port : 26ha • de la darse : 17.3ha
Cercle d'évitage	350m
Longueur de la jetée principale	1625m
Surface du plan d'eau	45ha
Capacité de la gare maritime	3300 passagers
Capacité de la gare auto-passagers	18 véhicules (à la fois)

En plus des appointements pétroliers, le trafic portuaire transite par 13 postes (Fig.28) dont le descriptif est établi dans le tableau 10 suivant :

Tableau 10 : Postes à quai de l'ancien port de Skikda.

Appellation quai	Nombre de postes	Numéro	Longueur (m)	Tirant d'eau (m)
Mole château vert	02	1	140	9
		2	140	9
Marinelle	01		290	9.5
Avant-port	02	3	80	6
		4	160	9.5
Traverse sud	01	5	200	6
Sud	03	6	125	6
		7	135	6
		8	140	6
Sud-Est	02	9	120	6
		10	150	6.5
Est	01	11	145	6
Nord	01	12	155	9

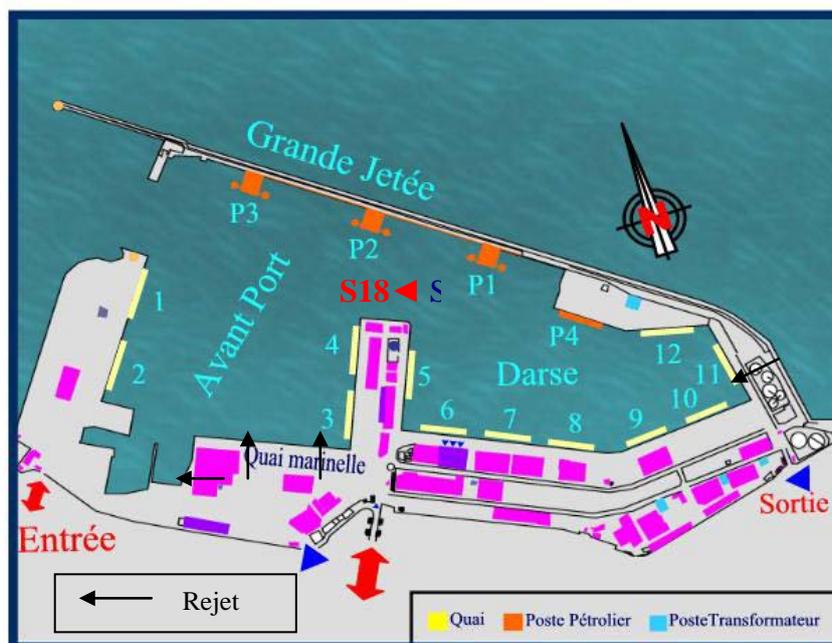


Fig. 28 : Plan de masse du port mixte de Skikda (l'Ancien port) et sites de prélèvement d'eau (S18) et de sédiment (S18).

2.2. Nouveau Port : (Fig. 29)

Se trouvant à l'est de la ville de Skikda et au nord-ouest de la plate-forme industrielle, le Nouveau port de Skikda se situe entre la longitude Est 6°57'00'' et la latitude Nord 36°55'53'', l'accès maritime se caractérise par une passe d'entrée de 250m de longueur et 18m de profondeur. Ce port dispose d'un bassin de 59ha et d'un cercle d'évitage de 550m.



Fig. 29 : Photographie du Nouveau port de Skikda.

Le trafic des hydrocarbures transite par 7 postes (Fig. 30) dont le descriptif est établi dans le tableau 11.

Tableau 11 : Postes à quai du Nouveau port de Skikda.

N° Poste	Produit	Longueur (m)	Capacité par bras (m3/h)
P1	Produit raffiné	32	1500
P2	Produit raffiné	32	1500
P3	Produit raffiné et brut	28	2500
M1	G.N.L	90	2000
M2	G.N.L	90	2000
P5	G.P.L	28	350
A1	Ethylène et aromatique		250



Fig. 30 : Plan de masse du Nouveau port de Skikda et sites de prélèvement d'eau (S15 ◀) et de sédiment (S15 ◀).

2.3. Le port de Stora : (Port de pêche, Fig. 31)

Se trouvant au sud-ouest de la baie de Skikda et à l'ouest des 2 ports de commerce, le port de pêche est situé entre la longitude Est $6^{\circ}52'556''$ et la latitude Nord $36^{\circ}54'00''$.

Le port s'étend jusqu'à l'intersection du mur de soutènement de la route nationale 3AA avec la desserte intérieure du port, par le nord, la falaise constitue la limite naturelle et au nord-est, il est limité par la jetée principale (Fig. 32).

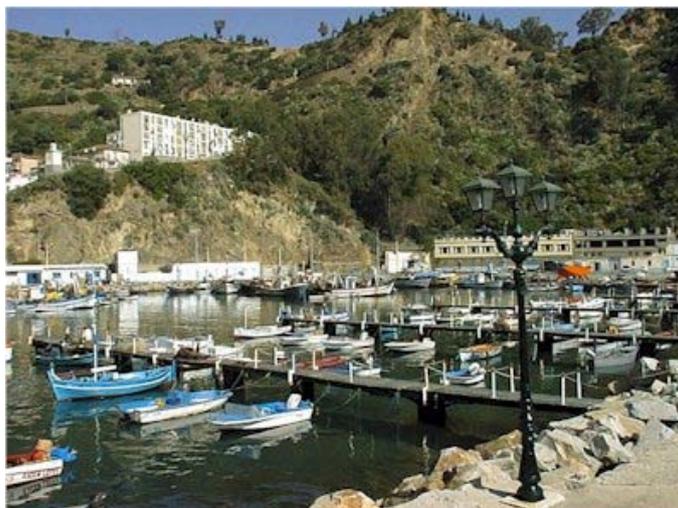


Fig. 31 : Photographie du Port de pêche de Stora (prise de la Jetée).

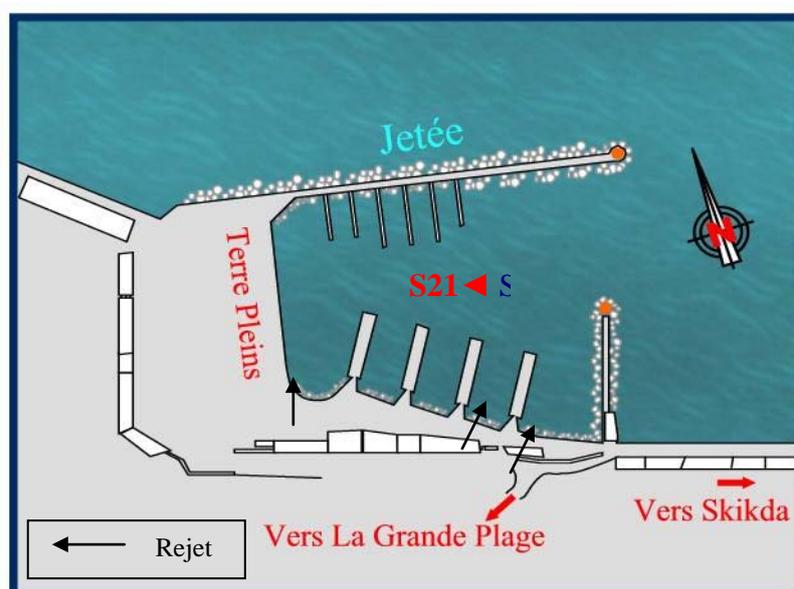


Fig. 32 : Plan de masse du port de pêche de Stora et sites de prélèvement d'eau (S21) et de sédiment (S21).

- **Activité :**

- **Les deux ports de commerce :**

Les ports de Skikda (Nouveau et Ancien port) ont à faire face à un trafic maritime intense. Au total, 1579 navires ont fait escale aux ports de Skikda en 2001 contre 1488 en 2000 (progression de 6%).

Les navires spécialisés dans le transport des hydrocarbures (872 navires) et les navires marchands (707 navires) entrent respectivement pour 55% et 45% dans le total des navires touchants les ports de Skikda. Les navires transitant par ces ports battent différents pavillons représentant plus de 26 nationalités dont le pavillon algérien qui représente 19% du nombre total des navires. Les principaux produits transitant par l'Ancien port sont : les hydrocarbures raffinés, le bitume, les céréales, le soja, ...etc. Et ceux transitant par le

Nouveau port sont : le bois, le marbre, les hydrocarbures raffinés, le butane, le propane, le méthane, l'éthane et certains produits agricoles.

➤ **Le port de pêche :**

Le port de pêche de Stora enregistre une production halieutique évolutive durant la période allant de 1990 à 2001 (Fig. 33). La structure de cette production est représentée par la figure 34.

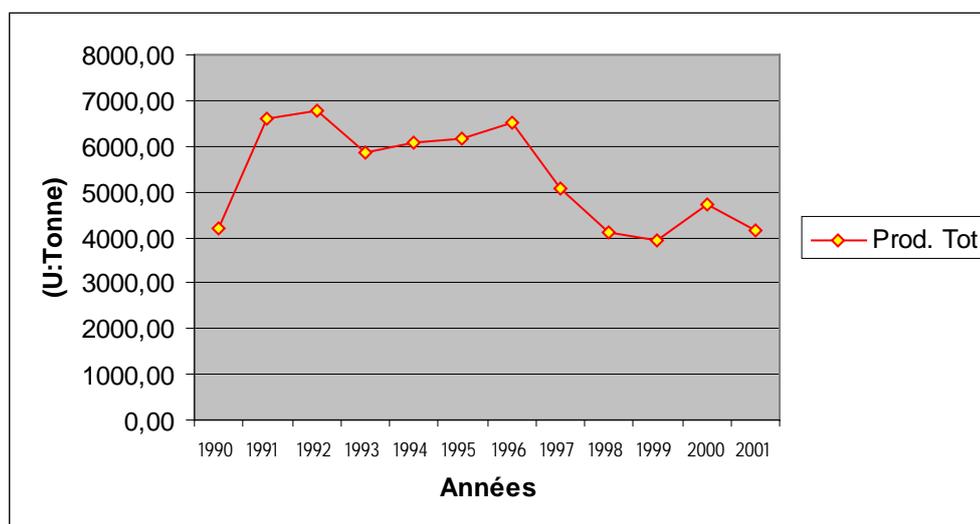


Fig. 33 : Représentation graphique de l'évolution de la production halieutique totale de 1990 à 2001 (Données statistiques, EPS, 2001).

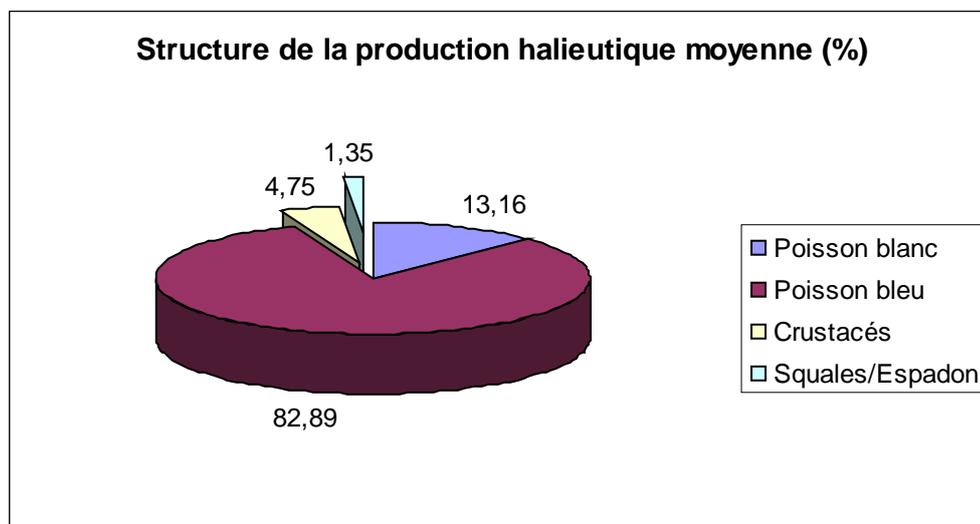


Fig. 34 : Représentation graphique de la structure de la production halieutique totale de 1990 à 2001 (Données statistiques, EPS, 2001).

- **Pollution générée :**

- **Nouveau et Ancien port :**

Les pollutions pouvant être générées au niveau des 2 ports de commerce trouvent principalement leur origine dans l'activité portuaire qui est marquée par un trafic maritime intense (1579 navires en 2001) portant principalement sur les produits pétroliers.

Les activités maritimes sont à l'origine d'une proportion non négligeable de différentes formes de pollutions et les hydrocarbures constituent, quantitativement, le polluant le plus important.

Les sources possibles de pollution marine au niveau des 2 ports de commerce sont représentés comme suit :

Rejets opérationnels :

- Vidange de cales et fuites diverses :

- ✓ Vidange de cales et le nettoyage des résidus de cargaisons effectué au retour du navire au port ;
- ✓ Fuites d'hydrocarbures et huiles de graissage cumulées dans les compartiments des machines (mélangés à l'eau de mer, ces hydrocarbures se transforment en boue de goudron qui s'échouent sur les plages.) ;
- ✓ Débordements résultant des opérations de chargement (suite à une erreur technique)
- ✓ Combustion du fuel par les pétroliers (dégagement de : CO₂, NO_x, SO₂)
- ✓ Fuites de produits (chimiques, gaz liquéfié...) des installations de déchargement et des canalisations, potentiellement plus dangereux pour l'environnement que les hydrocarbures même.

- Rejets de ballasts : (Lest)

L'introduction dans le milieu marin d'espèces non indigènes est une forme bien plus grave de pollution marine liée à la navigation, impliquant un bouleversement de la composition de la faune et de la flore.

A destination, l'eau de ballast, et avec elle toutes les bactéries, virus et organismes qu'elle contient, est rejetée. S'ajoute à cela la contamination de cette eau par les produits pétroliers (ou autres) tapissant les parois et les fonds des citernes (après déchargement).

Au niveau de l'Ancien port de Skikda, une station de déballastage de 3x5000m³ est disponible mais les résultats d'un point de vue traitement des eaux semblent peu satisfaisants.

Rejets accidentels :

Les accidents des navires citernes sont la source la plus connue de pollution du milieu marin, les déversements liés à ces accidents sont soudains, occasionnels (explosion, collision, échouage) avec d'importantes quantités et souvent dévastateurs.

Comme accidents survenus au niveau des ports de commerce de Skikda, nous pouvons citer ;

- ✓ Explosion du pétrolier « SOUTHERN CROSS » des îles BAHAMAS (année non spécifiée); lors du chargement (à l'Ancien port), un mélange de gas-oil, d'huile et de fuel a été occasionné.
- ✓ En février 1989, suite à une forte tempête, le méthanier « TELLIER France » a arraché les 4 bras de chargement et un épandage de méthane a été provoqué.

➤ **Le port de pêche:**

En plus de la pollution (bactérienne et organique) générée par les trois rejets urbains déversant directement dans les eaux du port, un autre type de pollution lié essentiellement aux rejets opérationnels (fuites diverses d'huiles ou autres en plus des eaux de lavage) et accidentels (explosion, collision ou échouage) peut être généré au niveau du port de pêche de Stora.

• **Mesures préventives entreprises:**

Pour la lutte contre la pollution par les hydrocarbures, l'Entreprise Portuaire de Skikda s'est dotée de moyens et de mesures préventives qui consistent en :

- ✓ L'établissement d'un check liste anti-pollution (Chargeur/Navire)
- ✓ La délivrance (par la capitainerie du port) d'une autorisation de déballastage
- ✓ La mise en place d'un barrage de protection permanent au niveau des postes pétroliers du Nouveau port
- ✓ Les mesures répressives (PV, contraventions) conformément aux code maritime et la loi sur la protection de l'environnement (n°83 du 05/02/76).
- ✓ La contribution auprès du Comité « Tel-Bahr », à l'organisation d'exercices de simulation de pollution marine (Fig. 35) accidentelle par les hydrocarbures (tel ; l'Opération Blanche de Pollution Marine –OBPM 2002- au cours du mois de mai)



Fig. 35 : Photographie de l'exercice de simulation de pollution marine par les hydrocarbures (OBPM 2002)

II.2. Etude expérimentale :

Le prélèvement d'échantillons d'eau de mer est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne le résultat analytique et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène et représentatif et ne devant pas modifier les caractéristiques de l'eau.

La séquence prélèvement – échantillonnage – conservation – analyse constitue donc une chaîne cohérente pour laquelle nous avons conscience de ne négliger aucun maillon.

Pour la présente étude, les sites de prélèvements sont choisis en tenant compte de nombreux facteurs, notamment ; le type de polluant considéré, l'emplacement d'émissaires d'eaux usées, des embouchures de rivières, de la topographie du fond...etc.

1. Caractéristiques physico-chimiques :

Sites et technique d'échantillonnage :

Une série de mesures de 8 facteurs physico-chimiques (Température, salinité, PH, oxygène dissous, conductivité, teneur en nitrates, teneur en nitrites, potentiel REDOX) de l'eau de mer est effectuée mensuellement de janvier à octobre 2002 pour 13 stations réparties d'Est en ouest comme suit : (voir Fig. 21)

N° Station	Nomenclature
01	Site de référence
12	Rejet RA1/K
13	Rejet CP1/K
14	Rejet GL1/K
15	Nouveau port
16	Oued Safsaf
17	Point chaud
18	Ancien port
19	PL. Marquette
20	PL. Militaire
21	Port de pêche
22	PL. Mollo
23	PL. Miramare

Ces stations sont choisies en tenant compte des rejets urbains et industriels. Pour le prélèvement, des flacons en verre d'un volume de 200ml sont utilisés avec une ouverture assez large pour permettre l'introduction des électrodes sans transvaser l'échantillon. Ces flacons, préalablement lavés, rincés puis égouttés et séchés à l'étuve (100°C) sont rincés deux fois avec l'eau à analyser avant le prélèvement selon les recommandations d'AMINOT(1983)

La technique de prélèvement est identique à celle préconisée pour les polluants microbiens.

Analyse des échantillons :

Au total, 1040 mesures ont été effectuées, à raison de 8 facteurs mesurés (Température, salinité, pH, oxygène dissous, conductivité électrique, teneur en Nitrate,

teneur en Nitrite, potentiel REDOX) au niveau de 13 stations réparties le long d'un maillage littoral.

1.2.1. Appareillage et réactifs :

Les mesures des paramètres physico-chimiques ont été réalisées à l'aide de :

- Un multiparamètres modèle CONSORT 535
- Des bandelettes réactives (Nitrite, Nitrates)

1.2.2. Mode opératoire :

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

- Etalonnage pour calibrer l'appareil pour chaque paramètre mesuré
- Immerger la sonde correspondant à chaque paramètre considéré dans l'eau échantillonnée pendant quelques secondes, le résultat de la mesure s'affiche sur l'écran avec son unité de mesure
- Le résultat affiché est reporté sur des fiches préalablement préparées
- Dans le but d'éviter que les résultats ne soit erronés, les sondes sont rincées à l'eau distillée puis tamponnées avec du papier absorbant après chaque mesure et pour chaque échantillon.
- Pour la détermination des teneurs en Nitrites et Nitrates, une bandelette réactive est introduite dans l'échantillon considéré pendant 1 à 3mn, suite à l'immersion, deux cas de figure sont à considérer :
 - La bandelette change de couleur, indiquant ainsi (selon le degré du virage de couleur) la teneur en Nitrates et/ou Nitrites.
 - La bandelette ne change pas de couleur et reste intacte, indiquant ainsi l'absence des Nitrites et/ou Nitrates.
- A l'aide d'un tableau de référence, nous faisons la lecture en superposant la bandelette sur celui-ci afin de trouver la couleur correspondant au virage de la bandelette, suite à cela déduire sur l'échelle la teneur de l'élément considéré et reporter la valeur sur les fiches.

2. Polluants bactériologiques :

2.1. Sites et technique d'échantillonnage :

Vingt cinq (25) stations de prélèvement ont été choisies sur la base d'un maillage horizontal défini en fonction des divers apports d'origine tellurique. Ces stations sont représentées essentiellement par seize (16) plages, trois (03) ports, trois (03) rejets industriels, l'embouchure de l'oued Safsaf, un (01) point chaud et un (01) point de référence. (voir Fig.21)

Mensuellement, de janvier à octobre 2002, au cours de l'analyse bactériologique, chaque type de germes considéré (Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux) est recherché et dénombré.

Les échantillons sont pris à l'est des déversements d'eaux usées (urbaines, industrielles) en raison de la dominance des vents du nord Est dans le golf de Skikda. Les 25 stations sont réparties d'Est en ouest comme suit :

N° Station	Nomenclature	N° Station	Nomenclature
01	Site de référence	14	Rejet GL1/K
02	PL. B.Mhidi Poste 8	15	Nouveau port
03	PL. B.Mhidi Poste 7	16	Oued Safsaf
04	PL. B.Mhidi Poste 6	17	Point chaud
05	PL. B.Mhidi Poste entre 5&6	18	Ancien port
06	PL. B.Mhidi Poste 5	19	PL. Marquette
07	PL. B.Mhidi Poste 4	20	PL. Militaire
08	PL. B.Mhidi Poste 3	21	Port de pêche
09	PL. B.Mhidi Poste 2	22	PL. Mollo
10	PL. B.Mhidi Poste 1	23	PL. Miramare
11	B.Mhidi camp de toile	24	Rejet final C.T. Gde. Plage
12	Rejet RA1/K	25	Rejet final L.A.Gde. Plage
13	Rejet CPI/K		

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre de 250ml soumis au préalable à un nettoyage rigoureux (lavage au détergeant, un bon rinçage à l'eau potable puis à l'eau distillée) puis à une stérilisation à 170°C (four Pasteur) pendant 2h.

Pour les eaux de baignade (plages), les prélèvements son effectués au moins à 2m du rivage (eau à la taille). Le flacon de prélèvement est tenu près de sa base, le goulot vers le bas, enfoncé à 50cm environ au-dessous de la surface de l'eau puis ouvert ; une poussée vers l'avant est effectuée avec une légère inclinaison pendant le remplissage de sorte que l'orifice soit face à l'éventuel courant.

Pour éviter la contamination par les mains, le flacon est refermé dans l'eau tout en laissant un espace suffisant pour l'homogénéisation.

Pour les autres sites, l'eau est collectée dans un seau lesté assez profond, relié à une corde de 1m de longueur avec un nœud au milieu pour délimiter les 50 cm à immerger sous l'eau. A partir de ce prélèvement, des échantillons sont prélevés avec la même technique et les mêmes précautions que pour les eaux de baignade.

Une fois le prélèvement effectué, le flacon est étiqueté (date et station) et placé dans une glacière à l'abri de la lumière et à une température de 4°C selon les recommandations préconisées par l'OMS/PNUE (1995) pour la surveillance des eaux côtières. Les échantillons sont ensuite dirigés au laboratoire pour analyse en moins de 4h selon les recommandations de MOUFFOK (2001).

Tout prélèvement doit être accompagné d'une fiche de renseignement sur laquelle on note :

- L'origine du prélèvement,
- Date et heure du prélèvement,
- Température de l'eau,
- L'état de la mer,
- Le vent (Vitesse et direction)

2.2. Analyse des échantillons :

2.2.1. Principe de la méthode :

Les résultats analytiques de la qualité bactériologique de l'eau de mer totalisent un nombre de 750 résultats, à raison de 3 germes recherchés pour chaque station retenue au cours de 10 mois.

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux est réalisée par une méthode basée sur le test de fermentation des tubes multiples, afin de déceler le NPP (Nombre le Plus Probable) de germes dans 100ml d'échantillon, et ce par incubation en milieux liquides. Cette méthode est préconisée par l'unité de coordination du Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM). (In MOUFFOK, 2001).

2.2.2. Appareillage de laboratoire :

La recherche et le dénombrement des germes recherchés nécessitent :

- Pipettes Pasteur
- Des portoirs
- Etuve
- Table NPP de Mac Crady (Tableau.1 en Annexe.1)

2.2.3. Milieux de culture :

La recherche et le dénombrement des germes recherchés nécessitent :

Pour la recherche des coliformes ;

- Milieu lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C) muni de cloche de Durham
- Milieu indole mannitol (Schubert) muni d'une cloche de Durham
- Réactif d'Erlisch Kovaks

Pour la recherche des streptocoques fécaux ;

- Bouillon à l'azide de sodium (Bouillon de Rothe) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C)
- Bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium (Eva)

2.2.4. Mode opératoire :

Cette recherche est identique à la colimétrie des eaux de boisson, elle consiste à déceler les germes et à dénombrer les germes coliformes et parmi eux, les coliformes fécaux, (notamment *E. coli*), dont seule l'origine fécale est certaine.

Recherche des coliformes totaux : (Fig. 36)

La recherche des coliformes comporte deux phases de tests ; l'une est représentée par le test présomptif et l'autre par le test confirmatif.

1. Test présomptif :

Pour ce test nous utilisant le milieu BCPL D/C et S/C et tous les tubes sont munis de cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

Par souci d'économie du milieu, nous avons travaillé avec une série de 3 tubes. Nous avonsensemencé :

- Trois tubes de BCPL à D/C avec 10ml de l'échantillon
- Trois tubes de BCPL à S/C avec 1ml de l'échantillon
- Trois tubes de BCPL à S/C avec 0.1ml de l'échantillon

Les tubes sont agités pour une homogénéisation avec la précaution de ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham. La lecture se fait après 48h d'incubation dans une étuve à 37°C. tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune et du gaz dans la cloche, sont considérés comme positifs, c'est à dire contenant des coliformes totaux. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées aux tables du NPP (Tableau. 1 en Annexe.1) pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100ml d'échantillon.

2. Test confirmatif :

A partir de chaque bouillon BCPL positif pour la recherche de coliformes totaux, nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans un tube de milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham.

Après incubation de 24h dans une étuve à 44°C, tous les tubes présentant une culture (trouble bactérien), du gaz dans la cloche et une réaction indole positive (anneau rouge cerise en surface) après addition de quelques gouttes du réactif d'Erlich Kovacs, sont considérés comme positifs, c'est à dire comme contenant des coliformes fécaux dans 100ml d'eau et particulièrement comme contenant *E. coli*.

Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées aux tables du NPP pour obtenir le nombre de coliformes fécaux présents dans 100ml d'échantillon.

Recherche des streptocoques fécaux : (Fig. 37)

Les streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale car tous, ont un habitat fécal ; cependant, leur spécificité ne serait pas identique pour toutes les espèces. Comme pour les coliformes totaux, la recherche des streptocoques fécaux comporte deux phases de tests ; l'une présomptive et l'autre confirmative.

1. Test présomptif :

Pour ce test nous utilisant le milieu Rothe D/C et S/C. Par souci d'économie du milieu, nous avons travaillé avec une série de 3 tubes. Nous avonsensemencé :

- Trois tubes de Rothe à D/C avec 10ml de l'échantillon
- Trois tubes de Rothe à S/C avec 1ml de l'échantillon
- Trois tubes de Rothe à S/C avec 0.1ml de l'échantillon

Les tubes sont agités pour une homogénéisation. La lecture se fait après 48h d'incubation dans une étuve à 37°C. tous les tubes présentant un louche microbien sont considérés comme pouvant contenant des streptocoques fécaux et ils sont obligatoirement soumis au test confirmatif. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série.

2. Test confirmatif :

Après agitation, à partir de chaque milieu de Rothe positif, nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans un tube du bouillon Eva.

Après incubation de 24h dans une étuve à 37°C, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement, sont considérés comme positifs.

Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées aux tables du NPP pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présents dans 100ml d'échantillon.

Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés sous la forme suivante :

- Nombre le Plus Probable de coliformes totaux/ 100ml d'échantillon.
- Nombre le Plus Probable de coliformes fécaux/ 100ml d'échantillon.
- Nombre le Plus Probable de streptocoques fécaux/ 100ml d'échantillon.

Les streptocoques fécaux possèdent la substance antigénique caractéristique du groupe D de Lance Field, c'est à dire : *Streptococcus faecalis*, *S. faecium*, *S. durans*, *S. bovis*, *S. equinus*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale.

Lorsque le rapport, coliformes fécaux (CF)/ Streptocoques fécaux (SF) est supérieur à 1, la pollution est essentiellement d'origine humaine, dans le cas inverse, la contamination est d'origine animale selon BOURGEOIS (1980).

3. Polluants organiques: Les hydrocarbures totaux.

3.1. Sites et technique d'échantillonnage :

Les hydrocarbures totaux sont dosés mensuellement de mai à octobre 2002. L'analyse est faite pour des échantillons provenant de sites choisis selon les sources de pollution en amont, notamment, les effluents de l'industrie pétrochimique et de raffinage du pétrole ainsi que les rejets pouvant être occasionnés par la navigation qui est assez importante à Skikda.

Les sites de prélèvement au nombre de 9 sont répartis d'Est en ouest comme suit (Voir Fig. 21):

N° Station	Nomenclature
01	Site de référence
12	Rejet RA1/K
13	Rejet CP1/K
14	Rejet GL1/K
15	Nouveau port
16	Oued Safsaf
17	Point chaud
18	Ancien port
21	Port de pêche

Selon les recommandations de la Commission Océanographique Internationale (C.O.I (1985), l'eau est prélevée sur 1m de profondeur, dans des flacons propres, en verre fumé avec un goulot étroit (2 à 3 cm de diamètre) pour qu'ils se remplissent lentement après s'être enfoncés dans l'eau.

Selon les recommandations de ROUSSEL (1983), au préalable, les flacons sont parfaitement nettoyés et rincés comme indiqué ci-après :

- lavage au détergeant,
- rinçage sous l'eau du robinet,
- rinçage au tétrachlorure de Carbone (CCL_4)

Afin d'éviter la contamination de l'échantillon par des substances qui pourraient être présentes dans les bouchons, ces derniers sont garnis de feuilles d'aluminium rincées au CCL_4 .

Lors du prélèvement, le flacon est attaché à un flotteur par une ligne d'un mètre de long, une deuxième ligne de récupération est fixée au flotteur pour permettre de ramener le flacon à bord. Lorsque la pilotine est presque complètement arrêté et qu'elle dérive lentement, le flacon est lancé pardessus bord à l'avant aussi loin que possible pour éviter de prélever de l'eau qui aurait été contaminée par la pilotine. Le flacon s'enfonce immédiatement d'un mètre et se remplit d'eau lentement, il est aussitôt récupéré et après avoir vérifié l'intégrité du garnissage du bouchon, boucher et étiqueter le flacon. Selon les recommandations de la COI (1985), les échantillons sont conservés au frais à 4°C et dans l'obscurité (glacière) et l'extraction doit se faire le plus rapidement possible (moins de 24h) afin d'éviter l'altération des échantillons par la flore microbienne et en aucun cas les échantillons ne doivent être conservés plus de 3 à 4h avant l'addition de solvant. Le volume prélevé, d'environ 500ml, constitue la totalité de l'échantillon à analyser.

3.2. Analyse des échantillons :

Au total, 54 dosages pour les hydrocarbures totaux ont été mis en œuvre, à raison d'un dosage mensuel, de mai à octobre 2002, pour 9 stations.

3.2.1. Principe de la méthode :

Les hydrocarbures totaux sont extraits de l'échantillon à analyser par le tétrachlorure de Carbone (CCL_4). L'extrait est déshydraté sur un absorbant puis analysé par spectrophotométrie infrarouge.

3.2.2. Appareillage :

Comme appareillage, nous avons utilisé du petit matériel de laboratoire ainsi qu'un appareillage analytique.

➤ Petit matériel de laboratoire :

- Ampoule à décanter de 500ml
- Eprouvette graduée de 50ml
- Pipette
- Papier filtre sans graisse (type DURIEUX n° 111)

Toute la verrerie est soigneusement lavée au détergeant et abondamment rincée à l'eau distillée puis au CCL_4

➤ Matériel analytique :

- Spectrophotomètre infrarouge dispersif, double faisceau, de type PU 9700 Séries (PHILLIPS) équipé de 2 paires de cellules infrarouges en quartz (B.B.387.5.1B) de 5 et 10mm de trajet optique.

3.2.3. Réactifs :

Comme réactifs nous avons utilisé :

- De l'acide chlorhydrique (HCL) à 50%
- Du sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4)
- Du tétrachlorure de Carbone (CCL_4) MERCK réf : 2209.

3.2.4. Mode opératoire :

Extraction de l'eau de mer :

L'extraction est faite le plus rapidement possible après le prélèvement, nous avons procédé comme suit :

- Verser dans une ampoule à décanter le volume total de l'échantillon, soit 500ml ;
- Acidifier l'échantillon en ajoutant 1ml d'HCL ;

- Prendre 50ml de CCL_4 , s'en servir pour laver le flacon de prélèvement et l'ajouter à l'échantillon contenu dans l'ampoule à décanter ;
- Agiter l'ampoule pendant 15mn et laisser reposer 10mn ;
- Soutirer l'extrait qui constitue la phase inférieure tout en le déshydratant par filtration sur du sulfate de sodium anhydre déposé sur un filtre sans graisse.

Mesure :

On utilise un spectrophotomètre infrarouge à double faisceau :

- Placer dans le faisceau échantillon une cellule de quartz (10mm FO) remplie de l'extrait récupéré;
- Placer dans le faisceau de référence une cellule identique remplie de CCL_4 ;
- Enregistrer le spectre ;
- Déterminer l'absorbance (A) obtenue par la méthode des tangentes.

Expression des résultats :

L'absorbance A de l'extrait correspond à la concentration d'hydrocarbures dans le tétrachlorure de Carbone, les concentrations d'hydrocarbures dans les échantillons d'eau de mer se calculent comme suit :

$$01 < A < 020 \text{ Donc } [\text{hydrocarbures}] \text{mg/l} = A \times 0.1554$$

$$21 < A < 100 \text{ Donc } [\text{hydrocarbures}] \text{mg/l} = A \times 0.5063$$

Ces facteurs sont utilisés pour apporter une correction à la lecture afin de remédier aux interférences éventuelles de certaines substances dans l'analyse, dues à la non-purification des extraits par chromatographie liquide. Les résultats sont exprimés en mg/l et reportés sur des fiches.

4. Polluants métalliques : Les métaux lourds.

Sites et technique d'échantillonnage :

Le choix du maillage des stations de prélèvement a été établi de sorte à prendre en compte les différents rejets (industriels essentiellement) ainsi que l'infrastructure portuaire de Skikda.

Les stations ainsi définies se répartissent comme suit (Voir Fig.21) :

N° Station	Nomenclature
10	PL. B.Mhidi Poste 1
15	Nouveau port
16	Oued Safsaf
17	Point chaud
18	Ancien port
21	Port de pêche
23	PL. Miramare

Les prélèvements du sédiment sont effectués durant le mois de novembre 2002 et pour chaque site, la concentration de 9 métaux lourds (Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Pb, Cd, Fe, Hg) est déterminée.

Les prélèvements du sédiment sont faits avec l'aide d'un plongeur en utilisant un matériel rudimentaire. En fait, comme pour le carottier-boite, un seau de 20 à 30cm de diamètre est enfoncé par le plongeur dans le sédiment et l'échantillon prélevé dépend donc de la pénétration du seau qui dépend essentiellement de la nature du sédiment. Une quantité d'environ 500g est récupérée, mise dans un sachet en plastique étiqueté et placée dans une glacière à 4°C. Cette méthodologie est inspirée de CHARLOU *et al* (1983). Suite à cela, les échantillons sont congelés pour analyse ultérieure.

Analyse des échantillons :

Les analyses du sédiment, au nombre de 63, ont été mises en œuvre à raison de 9 éléments minéraux pour 7 stations dont les caractéristiques sont indiquées ci-après dans le tableau 12.

Tableau 12 : Caractéristique des stations de prélèvement des sédiments pour l'évaluation des polluants métalliques.

Stations	10	15	16	17	18	21	23
Température	26.50	26.00	27.50	27.00	26.05	25.40	25.50
Profondeur	2.50	7.50	2.00	2.50	7.00	4.00	2.00
Distance du rivage	200	Fig. 30	200	150	Fig. 28	Fig. 32	150
Nature du sédiment	Sable	Sable	Vase	Sable	Sable	Vase	S.grossier

4.2.1 . Principe de la méthode :

Pour la détermination des concentrations en métaux lourds, il existe de nombreuses variantes à tout stade du protocole analytique d'un sédiment comme le montrent les synthèses de AMINOT *et al.*, 1983.

Cependant, il semble nécessaire de préconiser un mode opératoire unique, applicable pour tous les laboratoires et permettant d'évaluer le degré de pollution.

Du fait qu'elle convienne pour la gamme de concentrations trouvées dans le sédiment, la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme est utilisée comme technique de mesure pour la présente étude. Elle consiste à porter les éléments à leur état atomique sur le trajet même d'un rayon lumineux (lampe cathodique) et à effectuer simultanément une mesure de l'absorption à une longueur d'onde spécifique des atomes formés.

4.2.2 . Appareillage :

Comme appareillage, nous avons utilisé du petit matériel de laboratoire ainsi qu'un appareillage analytique.

➤ Petit matériel de laboratoire :

- Becher de 100ml
- Pipette
- Eprouvette jaugée de 100ml
- Filtre de papier WHATMAN n°42
- Mortier en porcelaine
- Eau bi-distillée

Toute la verrerie est soigneusement lavée au détergeant et abondamment rincée à l'eau bi-distillée

➤ Matériel analytique :

- Etuve
- Tamiseur (type Retsch) et tamis de maillages adéquats
- Balance de précision
- Bain de sable
- Centrifugeuse
- Spectrophotomètre d'absorption atomique (type AA-680 SHIMADZU) équipé d'une imprimante graphique (type PR-5 GRAPHIC PRINTER)

4.2.3 . Réactifs :

Comme réactifs nous avons utilisé :

- De l'acide nitrique (HNO_3) 3mol/l
- De l'acide chlorhydrique (HCL)
- Solution de Lanthane (La_2O_3)

4.2.4 . Mode opératoire :

Phase pré-analytique :

Après décongélation, le sédiment est soumis à une phase pré-analytique comme décrit ci-après :

- Séchage : Le séchage est réalisé à l'étuve à 105°C pendant 6 à 8h.
- Tamisage :

Les résultats de l'analyse de la totalité du sédiment ont l'inconvénient de ne pas être directement comparables et nécessitent une normalisation par rapport à un autre paramètre caractérisant le sédiment (granulométrie, concentration en fer, ...etc.)

De ce fait, représentant une coupure sédimentologique traditionnelle entre le sable et la vase, il semble préférable de choisir la coupure à 63µm

Une fois séché, le sédiment est broyé doucement à l'aide d'un mortier de façon à restituer la granulométrie initiale. L'échantillon est ensuite tamisé et l'analyse est faite sur la fraction du sédiment qui passe à travers un tamis de l'ouverture de maille de 63µm (AMINOT et al.,1983)

Phase analytique :

➤ Digestion du sédiment :

Des précautions préliminaires sont prises par le rinçage des récipients de digestion à l'eau de grande pureté (eau bi-distillée) et à l'acide nitrique (HNO₃) 3mol/l avant l'utilisation.

Pour être analysés, les échantillons sont mis en solution par minéralisation acide et ce dans le but de mettre les éléments à analyser dans leur état ionique le plus oxydé en procédant comme suit :

- Peser exactement une masse de sédiment sec de l'ordre de 5g dans un Becher de 100ml
- Mouiller avec 70ml d'eau bi-distillée
- Ajouter 5ml d'HCL, opérer avec précaution (bouillonnement, projection...)
- Ajouter 25ml d' HNO₃ concentré
- Couvrir et porter à ébullition douce sur un bain de sable pendant 15 à 24h, et veiller à ce que la solution ne vienne pas à sec. Rajouter éventuellement de l'acide nitrique et réduire le chauffage
- Laisser refroidir et reprendre en ajoutant quelques goutte d'HCL 1mol/l
- Chauffer ouvert au bain de sable pendant ½ h avec homogénéisation toutes les 5mn
- Centrifuger avec précaution après avoir récupéré l'eau bi-distillée servant au rinçage du récipient de digestion
- Recueillir le surnageant dans une éprouvette jaugée de 100ml
- Ajouter 1ml de solution de Lanthane
- Ajuster à 100ml par l'HCL (1mol/l)

La solution obtenue est prête pour l'injection dans le brûleur du spectrophotomètre.

➤ Analyse de l'échantillon prétraité :

Pour l'utilisation du spectrophotomètre d'absorption atomique, nous nous sommes référés au manuel du constructeur.

• Etalonnage et interférences :

La solution de Lanthane est apportée à la préparation de façon à limiter les interférences dues notamment à Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} ... pour effectuer des mesures directes dans les meilleures conditions possibles, nous nous sommes servis de solutions étalons contenant divers grandeurs en éléments considérés pour les solutions à analyser.

• Mesure des blancs :

Pour connaître la contribution en métaux des réactifs de digestion, des blancs sont préparés avec chaque série d'échantillons en ne mettant dans les récipients de digestion que les réactifs. Ces blancs subissent alors le protocole général.

Expression des résultats :

La concentration C_{Me} de l'élément métallique dans le sédiment est obtenue par la formule de JOANNY et al (1983) :

$$C_{\text{Me}} \text{ (mg/kg)} = \frac{C_E \times V}{M}$$

Avec :

C_E : Concentration lue sur la courbe d'étalonnage (mg/kg)

V : Volume de la solution finale après digestion (ml)

M : Masse du sédiment minéralisé (g)

Les résultats sont exprimés en milligramme de métal par kilogramme de sédiment sec.

L'état de la pollution peut être aussi apprécié par le calcul de l'indice de contamination (IC) dont l'expression est précisée par l'Agence du Bassin Rhône Méditerranée Corse (in HARITI 2000) :

$$\text{IC} = \frac{\text{Concentration observée}}{\text{Concentration considérée comme normale}}$$

Pour ce qui est des concentrations normales, nous nous sommes référés aux normes françaises pour le calcul de l'IC (Tableau. 1 en Annexe. 2)

RESULTATS

III. Résultats :

1. Caractéristiques physico-chimiques :

1.1. Température :

La variation mensuelle des températures enregistrées au cours de la présente étude est marquée par un maximum de 31.73°C pour le site 17 (point chaud) durant le mois de mai et un minimum de 21.01°C pour le site 19 (PL. Marquette) toujours durant le mois de mai. (Tableau. 2 en Annexe.2).

La figure 38.(a) montre que la variation des températures moyennes est assez significative d'un site à un autre avec une température moyenne maximum de 28.17°C pour le site 17 et une température moyenne minimum de 25.97°C pour le site 19.

La figure 39.(a) montre que les températures enregistrées pour les 3 rejets industriels : RA1/K, CP1/K et GL1/K dont les sites respectifs sont S12, S13 et S14 sont en dessous de la norme (valeur maximale admissible : VMA : 30°C).

1.2. pH :

La variation mensuelle du pH est marquée par un maximum de 9.80 au cours du mois d'août pour le site 13 (Rejet du CP1/K) et un minimum de 7.55 pour le site 18 (ancien port) au cours du mois de mai. (Tableau 3 en Annexe.2).

La figure 38.(b) montre que la variation moyenne du pH est caractérisée par un maximum de 9.06 pour le site 13 et un minimum de 7.93 pour le site 1 (point de référence). Il apparaît clairement que le pH de tous les sites considérés dépasse la valeur limite inférieure (VLI : 5.5) ainsi que la valeur limite supérieure (VLS : 8.5) à l'exception des sites 1 et 17 qui ne dépassent que la VLI.

La figure 39. (b) montre que le pH enregistré pour les 3 rejets industriels (S12, S13 et S14) est au-delà de la VLI. Cependant, Les valeurs enregistrées pour le site 12 (Rejet RA1/K) et 14 (Rejet GL1/K) sont en dessous de la VLS à l'exception du mois d'août pour le site 12 ou il y a un léger dépassement de 0.06. Pour le site 13, toutes les valeurs sont au-delà de la VLS.

1.3. Salinité :

La variation spatio-temporelle de la salinité est marquée par un minimum de 37.53‰ pour le site 20 (PL. Militaire) durant le mois de juin et un maximum de 43.50‰ pour le site 18 (ancien port) durant le mois de mai. (Tableau. 4 en Annexe.2).

La figure 38. (c) montre que les valeurs moyennes de la salinité sont assez variables d'un site à un autre, avec un maximum de 42.67‰ pour le site 18 et un minimum de 38.54‰ pour le site 12 (Rejet RA1/K).

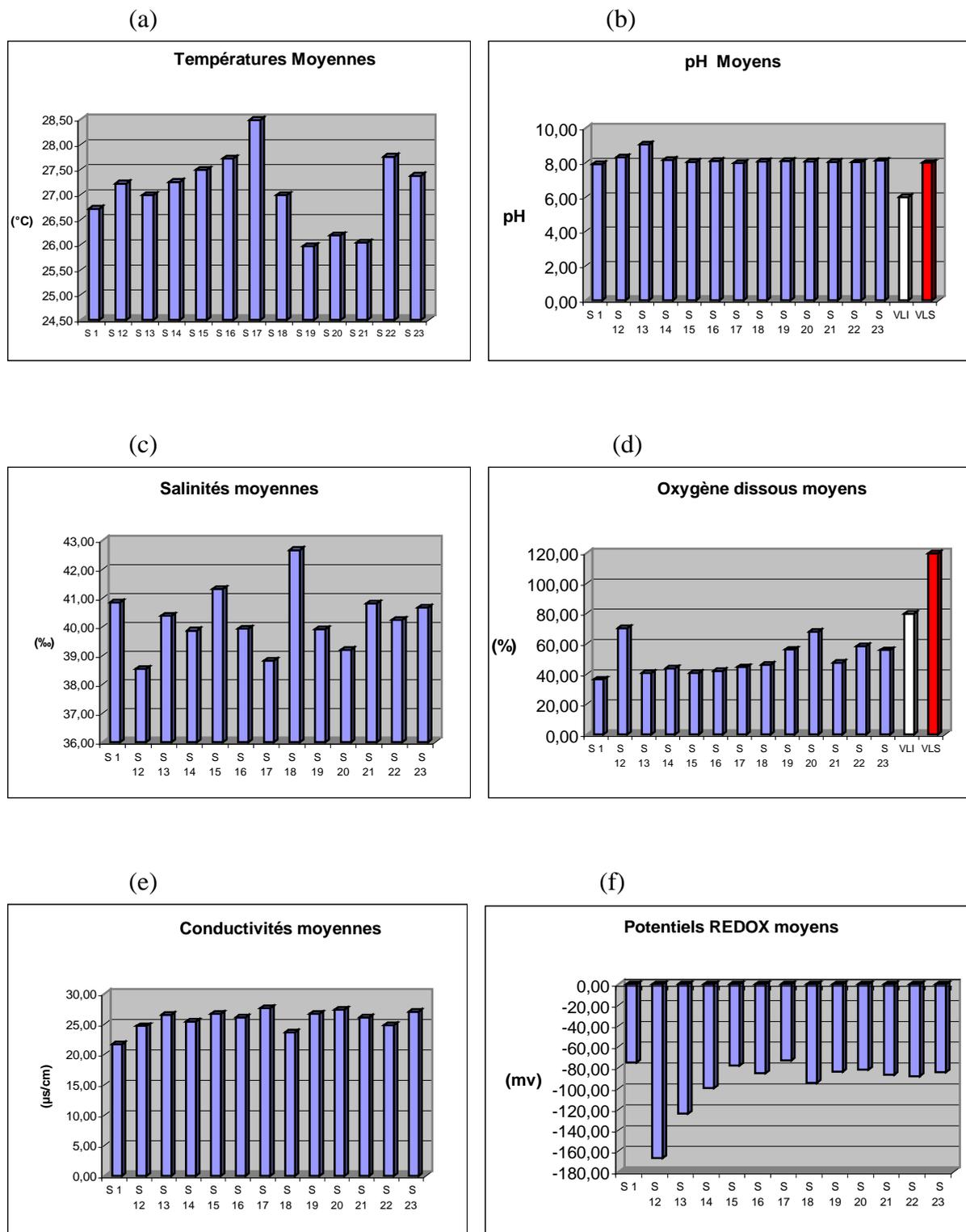


Fig 38: Variation spatiale des paramètres physico-chimiques (moyennes) ;
 (a) : Température, (b) : pH, (c) : Salinité, (d) : Oxygène dissous, (e) : Conductivité électrique,
 (f) : Potentiel REDOX.

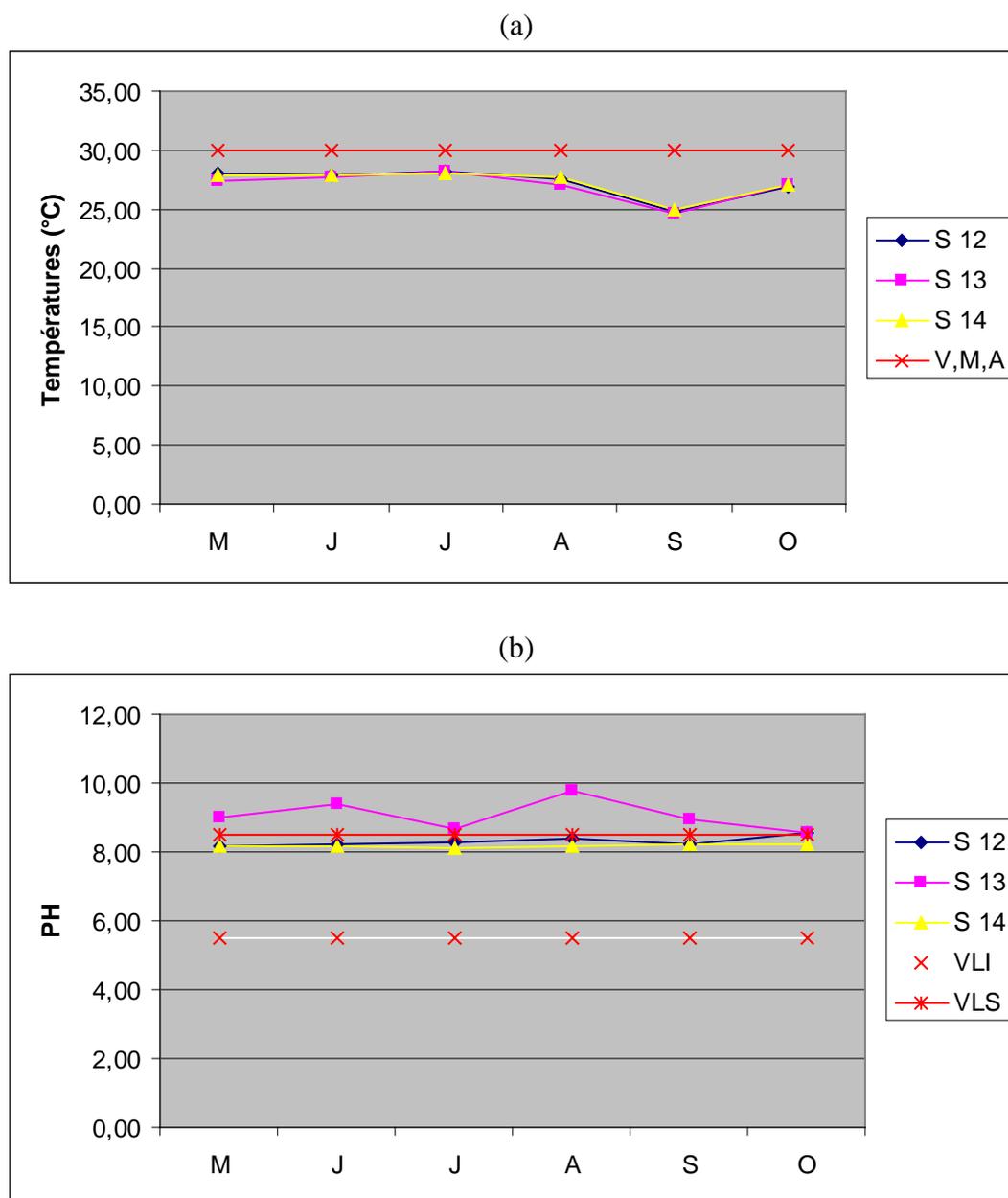


Fig 39: Variation temporelle de la température et du pH pour les 3 rejets industriels ; (a) : Température, (b) : pH.

1.4. Oxygène dissous :

La variation spatio-temporelle du taux de saturation en oxygène dissous est assez significative, elle est marquée par un maximum de 101.96% au cours du mois de mai pour le site 22 (PL. Mollo) et un minimum de 22.45% pour le site 18 (ancien port) au cours du mois de juillet. (Tableau. 5 en Annexe.2).

La figure 38.(d) montre que la variation moyenne du taux de saturation en oxygène dissous est caractérisée par un maximum de 70.39% pour le site 12 et un minimum de 36.47% pour le site 1 (point de référence). Il apparaît clairement que les valeurs moyennes du taux de

saturation en oxygène dissous de tous les sites considérés sont en dessous de la valeur limite inférieure (VLI : 80%) ainsi que la valeur limite supérieure (VLS : 120%).

1.5. Conductivité électrique:

La variation spatio-temporelle de la conductivité électrique est assez significative, elle est marquée par un maximum de 34.30 $\mu\text{s}/\text{cm}$ au cours du mois de mai pour le site 13 (Rejet CP1/K) et un minimum de 13.97 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour le site 22 (PL. Mollo) au cours du mois de juin. (Tableau. 6 en Annexe.2).

La figure 38.(e) montre que la variation moyenne de la conductivité électrique est caractérisée par un maximum de 27.63 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour le site 17 (Point chaud) et un minimum de 21.69 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour le site 1 (point de référence).

1.6. Potentiel REDOX :

La variation spatio-temporelle de la conductivité électrique est très significative, elle est marquée par un maximum de -72mv au cours du mois de juin pour le site 17 (point chaud), 18 (ancien port) et 21 (port de pêche) ainsi qu'au cours du mois de juillet pour le site 17 et au cours du mois de septembre pour le site 1 (point de référence) et un minimum de -173mv pour le site 12 (Rejet RA1/K) au cours du mois de juillet. (Tableau. 7 en Annexe.2).

La figure 38.(f) montre que la variation moyenne de la conductivité électrique est caractérisée par un maximum de -73.25mv pour le site 17 et un minimum de -166.67mv pour le site 12 (Rejet RA1/K).

1.7. Nitrites:

Les résultats d'analyses au niveau des différents sites pour les nitrites ont mis en évidence une absence totale de ces derniers.

1.8. Nitrates:

Les résultats d'analyses au niveau des différents sites pour les nitrates ont mis en évidence une absence totale de ces derniers.

2. Paramètres micro-biologiques :

Les résultats d'analyses au niveau des différents sites pour les paramètres microbiologiques sont exprimés sous forme de moyennes pour chaque germe considéré. L'abondance des résultats est tel que le suivie de l'évolution spatio-temporelle de ses germes est établi en fonction des communes considérées.

2.1 Coliformes totaux :

2.2.1 . Variation spatiale :

Les figures 40 et 41 laisse apparaître que la variation spatiale des coliforme totaux est très significative.

Commune de Filfila :

La figure 40.(a) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux pour les sites 2 (PL. Ben Mhidi poste 8), 3 (PL. Ben Mhidi poste 7), 4 (PL. Ben Mhidi poste 6) et 5 (PL. Ben Mhidi entre postes 5 et 6) est peu significative. Cependant, ces valeurs moyennes du nombre de coliformes totaux (CT) sont en dessous de la valeur guide (500 CT/100ml) ainsi que de la valeur limite (10000 CT/100ml).

Commune de Ben Mhidi :

La figure 40.(b) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux est significative. Elle est marquée par un maximum de 240450.30 CT/100ml pour le site 8 (PL. Ben Mhidi poste 3) dépassant ainsi la valeur guide et la valeur limite et par un minimum de 62.30 CT/100ml pour le site 10 (PL. Ben Mhidi poste 1). Cependant, les valeurs moyennes du nombre de coliformes totaux (CT) au niveau des sites 7 (PL. Ben Mhidi poste 4) et 9 (PL. Ben Mhidi poste 2) sont compris entre la valeur guide et la valeur limite.

Commune de Skikda :

La figure 40.(c) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux est assez significative. Elle est marquée par un maximum de 251492.80 CT/100ml pour le site 17 (point chaud) dépassant ainsi la valeur guide et la valeur limite et par un minimum de 0.60 CT/100ml pour le site 1 (point de référence) qui est en dessous de la valeur guide et de la valeur limite.

La valeur moyenne du nombre de coliformes totaux (CT) au niveau du site 16 (embouchure Oued Safsaf) de 240885.30CT/100ml dépasse de loin la valeur guide ainsi que la valeur limite. Alors que les valeurs moyennes du nombre de coliformes totaux (CT) au niveau des sites 12 (Rejet RA1/K), 14 (Rejet GL1/K), 19 (PL. Marquette) et 20 (PL. Militaire) sont compris entre la valeur guide et la valeur limite.

Commune de Stora :

La figure 41.(a) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux est très significative et dépasse la valeur guide et la valeur limite au niveau de tous les sites considérés. Elle est marquée par un maximum de 109798CT/100ml pour le site 21 (port de pêche) et par un minimum de 24019.10CT/100ml pour le site 23 (PL. Miramare)

Commune de Aïn Zouit :

La figure 41.(b) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux est très peu significative. Elle est marquée par un maximum de 3.70 CT/100ml pour le site 24 (Rejet final camp de toile- grande plage) et par un minimum de 1.10 CT/100ml pour le site 25 (Rejet final Logt. agricoles- grande plage), ces valeurs sont en dessous de la valeur guide et de la valeur limite.

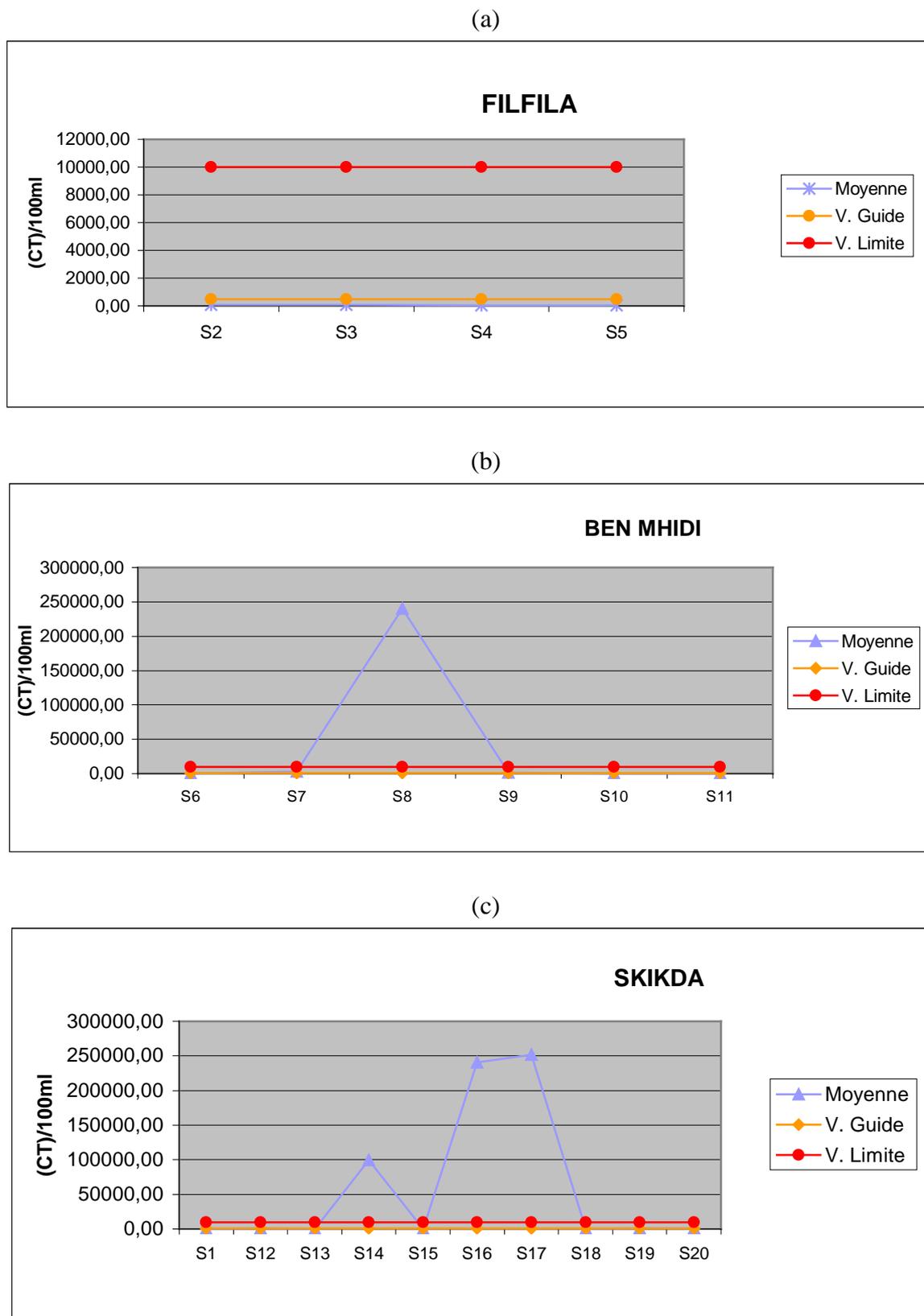


Fig 40: Variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux au niveau des communes de : (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi et (c) : Skikda.

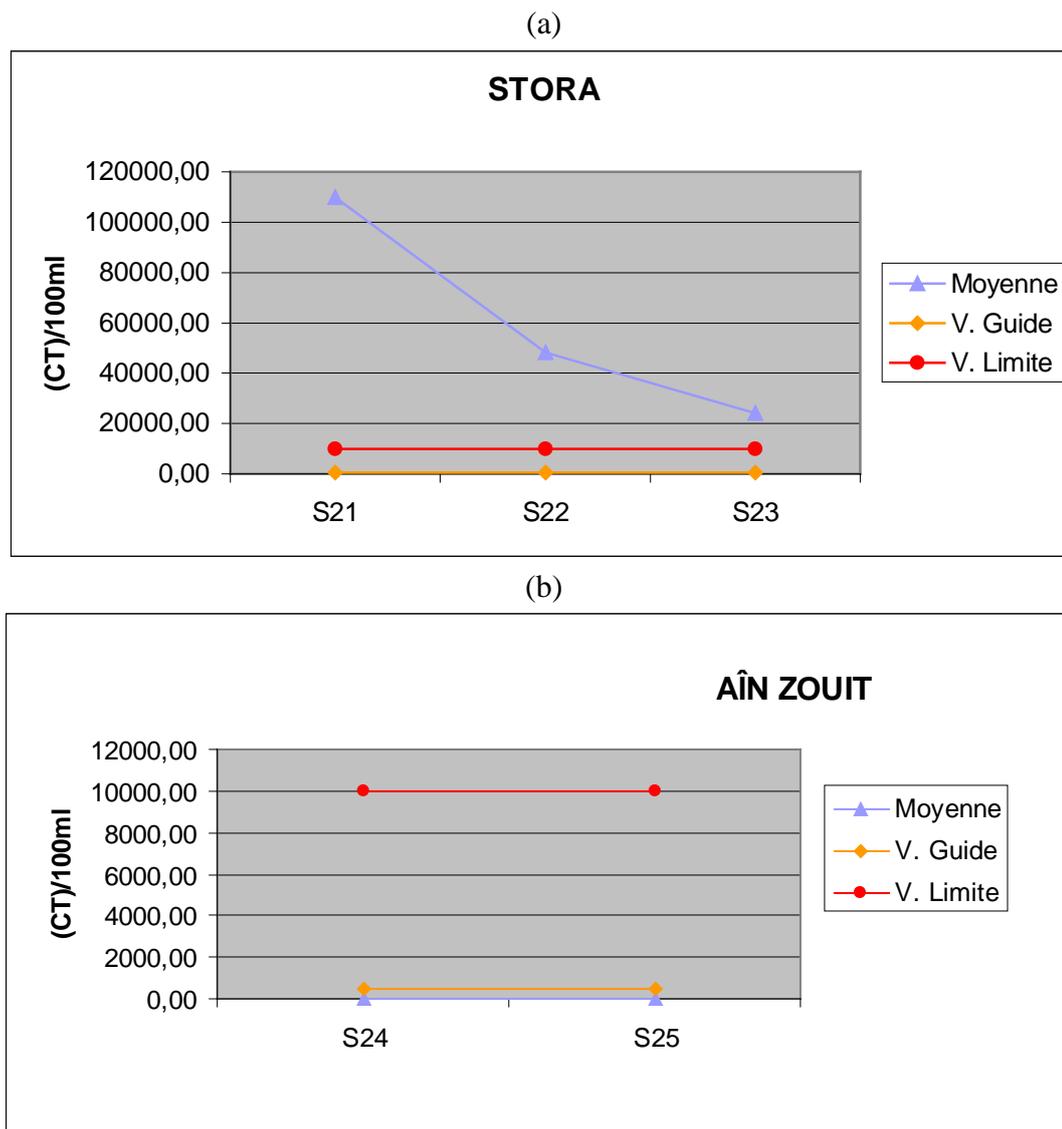


Fig 41: Variation spatiale du nombre moyen des coliformes totaux au niveau des communes de : (a) : Stora et (b) : Ain Zouit.

2.2.2 . Variation temporelle :

Les figures 42 et 43 laisse apparaître que la variation temporelle des coliforme totaux est très significative.

Commune de Filfila :

La figure 42.(a) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliformes totaux pour les site considérés est significative.

Avec une valeur maximum de 460 CT/100ml pour le site 2 (PL. Ben Mhidi poste 8) au mois de mai et une valeur minimum de 3 CT/100ml pour le site 4 (PL. Ben Mhidi poste 6) au mois de juin et de septembre, le nombre des CT pour les sites considérés de la commune de Filfila est en dessous de la valeur guide et de la valeur limite. (Tableau. 8 en Annexe.2)

Commune de Ben Mhidi :

La figure 42.(b) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliformes totaux pour les sites considérés est significative.

Elle est marquée par une valeur maximum de 2400000 CT/100ml pour le site 8 (PL. Ben Mhidi poste 3) au mois de juillet, dépassant ainsi la valeur guide et la valeur limite et une valeur minimum de 4 CT/100ml pour le site 10 (PL. Ben Mhidi poste 1) au mois de septembre.

Le nombre des CT pour le site 7 (PL. Ben Mhidi poste 4) de juin à septembre est compris entre la valeur guide et la valeur limite, alors que pour le site 8, le dépassement est constaté au cours du mois de mars et de juin seulement et pour le site 9 (PL. Ben Mhidi poste 2) au cours de la période s'étalant de mars à mai, et de juillet et octobre. (Tableau. 8 en Annexe.2)

Commune de Skikda :

La figure 42.(c) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliformes totaux pour les sites considérés est significative.

Elle est marquée par une valeur maximum de 2400000 CT/100ml pour le site 16 (Embouchure Oued Safsaf) et 17 (point chaud) au mois d'octobre, dépassant ainsi la valeur guide et la valeur limite et une valeur minimum de 3 CT/100ml pour le site 1 (point de référence) au mois d'avril et de juin, pour le site 13 (Rejet CP1/K) au mois de mars, mai et juin, pour le site 20 (PL. Militaire) au mois de mars et avril.

Le nombre des CT pour le site 14 (Rejet GL1/K) est compris entre la valeur guide et la valeur limite tout au long des mois de janvier février, avril, juin et octobre et dépasse la valeur limite au cours des mois de mars, mai, juillet, août et septembre. (Tableau. 8 en Annexe.2)

Du mois de juillet à octobre, le nombre des CT pour le site 12 (Rejet RA1/K) est compris entre la valeur guide et la valeur limite. Alors que c'est le cas pour le site 16 (Embouchure Oued Safsaf) du mois de février au mois de mai et de même pour le site 17 à l'exception du pic marqué au mois de mars (110 000 CT/100ml). (Tableau. 8 en Annexe.2)

Commune de Stora :

La figure 43.(a) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliformes totaux pour les sites considérés est très significative.

Elle est marquée par une valeur maximum de 240000 CT/100ml au cours des mois de mai, juin, juillet et octobre pour le site 21 (Port de pêche) et au cours des mois de juillet et septembre pour le site 22 (PL. Mollo) et au cours du mois de juillet pour le site 23 (PL. Miramare), dépassant ainsi la valeur guide et la valeur limite et une valeur minimum de 3 CT/100ml pour le site 22 au mois d'avril et pour le site 23 au mois de mars. Au cours du mois de février et d'avril, le nombre des CT pour le site 21 dépasse la valeur limite. Au cours du mois de janvier et de mars, le nombre des CT pour le site 21 est compris entre la valeur guide et la valeur limite, pour le site 22, il l'est au cours du mois de mars seulement. (Tableau. 8 en Annexe.2)

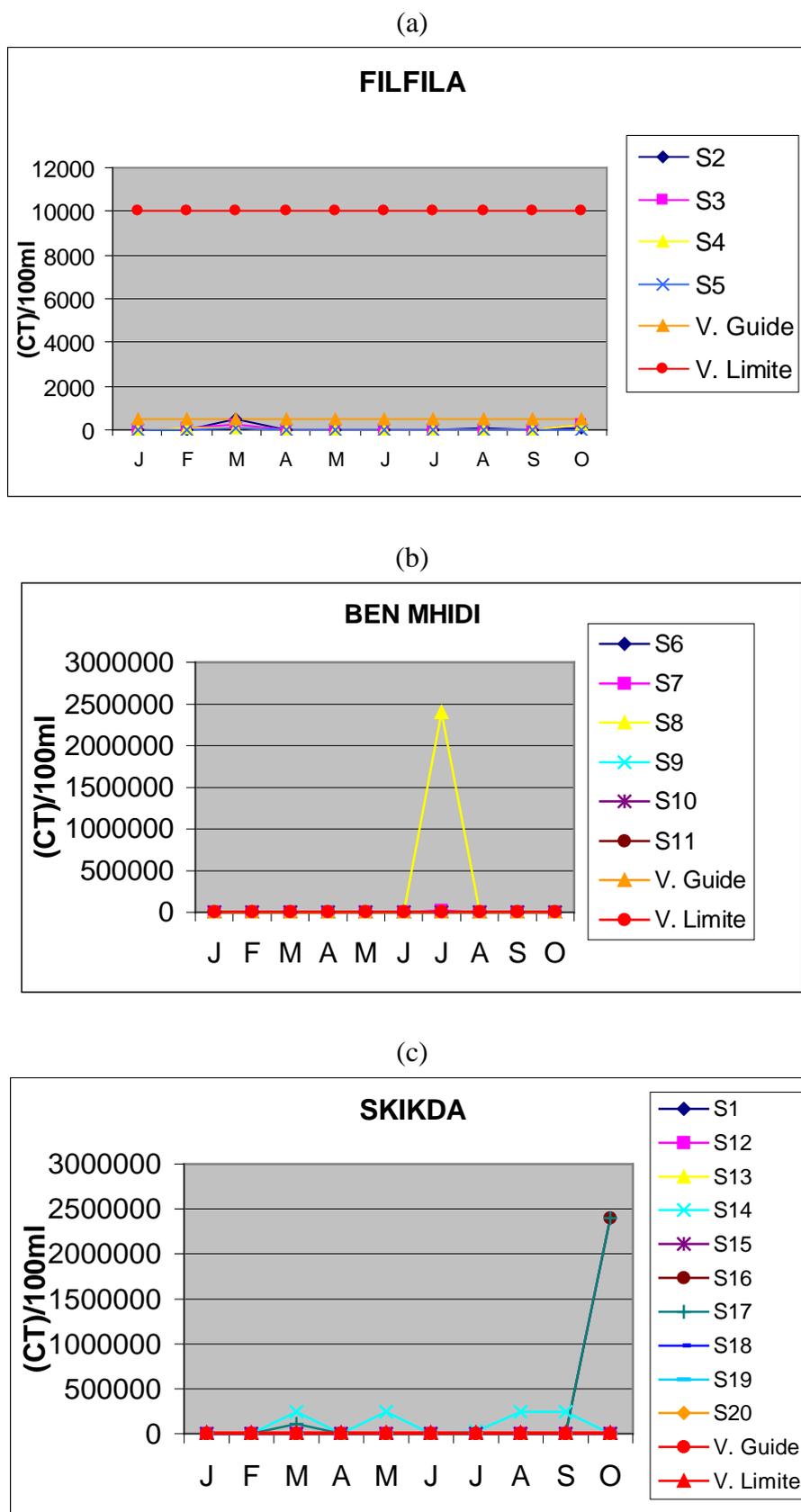


Fig 42: Variation temporelle du nombre des coliformes totaux au niveau des communes de :
 (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi et (c) : Skikda.

Commune de Ain Zouit :

La figure 43.(b) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliforme totaux pour les sites considérés est assez peu significative.

Elle est marquée par une valeur maximum de 28 CT/100ml au cours du mois de février pour le site 24 (Rejet final camp de toile- grande plage) et une valeur minimum de 3 CT/100ml au cours des mois d'avril, juillet et octobre étant ainsi en dessous de la valeur guide et de la valeur limite. (Tableau. 8 en Annexe.2).

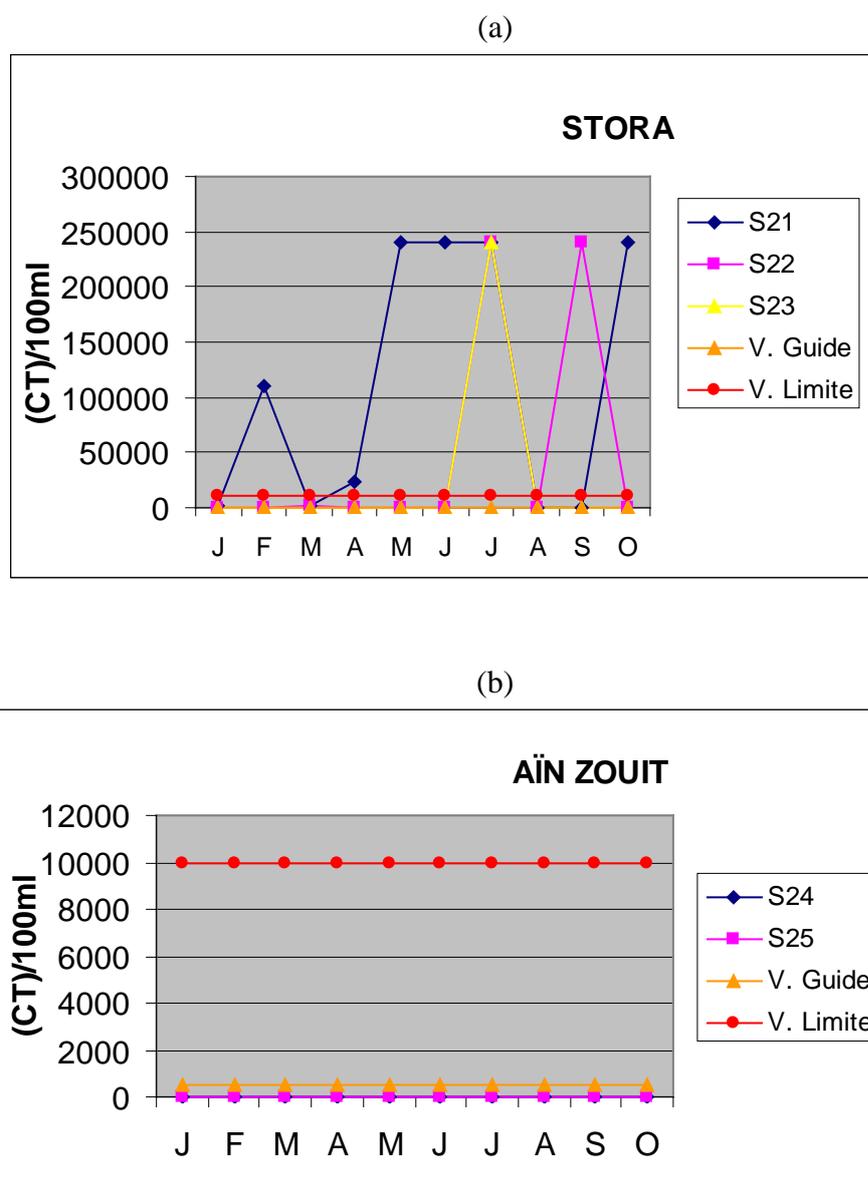


Fig. 43: Variation temporelle du nombre des coliformes totaux au niveau des communes de :
 (a) : Stora et (b) : Ain Zouit.

2.2 Coliformes fécaux :

2.2.1 . Variation spatiale :

Les figures 44 et 45 laisse apparaître que la variation spatiale des coliforme fécaux est très significative.

Commune de Filfila :

La figure 44.(a) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliforme fécaux pour les sites 2 (PL. Ben Mhidi poste 8), 3 (PL. Ben Mhidi poste 7), 4 (PL. Ben Mhidi poste 6) et 5 (PL. Ben Mhidi entre postes 5 et 6) est peu significative.

Cependant, ces valeurs moyennes du nombre de coliformes fécaux (CF) sont en dessous de la valeur guide (100 CF/100ml) et de la valeur limite (2000 CF/100ml).

Commune de Ben Mhidi :

La figure 44.(b) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliforme fécaux est significative. Elle est marquée par un maximum de 1100 CF/100ml pour le site 8 (PL. Ben Mhidi poste 3) dépassant ainsi la valeur guide et étant en dessous de la valeur limite et par un minimum de 0.40 CF/100ml pour le site 6 (PL. Ben Mhidi poste5).

Commune de Skikda :

La figure 44.(c) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliforme fécaux est assez significative. Elle est marquée par un maximum de 11144.30 CF/100ml pour le site 16 (Embouchure Oued Safsaf) dépassant ainsi la valeur guide et la valeur limite et par un minimum de 4.70 CF/100ml pour le site 12 (Rejet RA1/K) qui est en dessous de la valeur guide et de la valeur limite.

La valeur moyenne du nombre de coliformes fécaux (CF) au niveau du site 17 (point chaud) de 11141.70 CF/100ml dépasse de loin la valeur guide ainsi que la valeur limite. (Fig. 44.(c) et Tableau.9 en Annexe.2).

Commune de Stora :

La figure 44.(d) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des coliforme fécaux est très significative. Elle est marquée par un maximum de 187.10CF/100ml pour le site 21 (port de pêche) étant ainsi compris entre la valeur guide et la valeur limite et par un minimum de 1.10CF/100ml pour le site 23 (PL. Miramare)

Commune de Aîn Zouit :

Au niveau de cette commune, nous marquons une absence totale des CF.

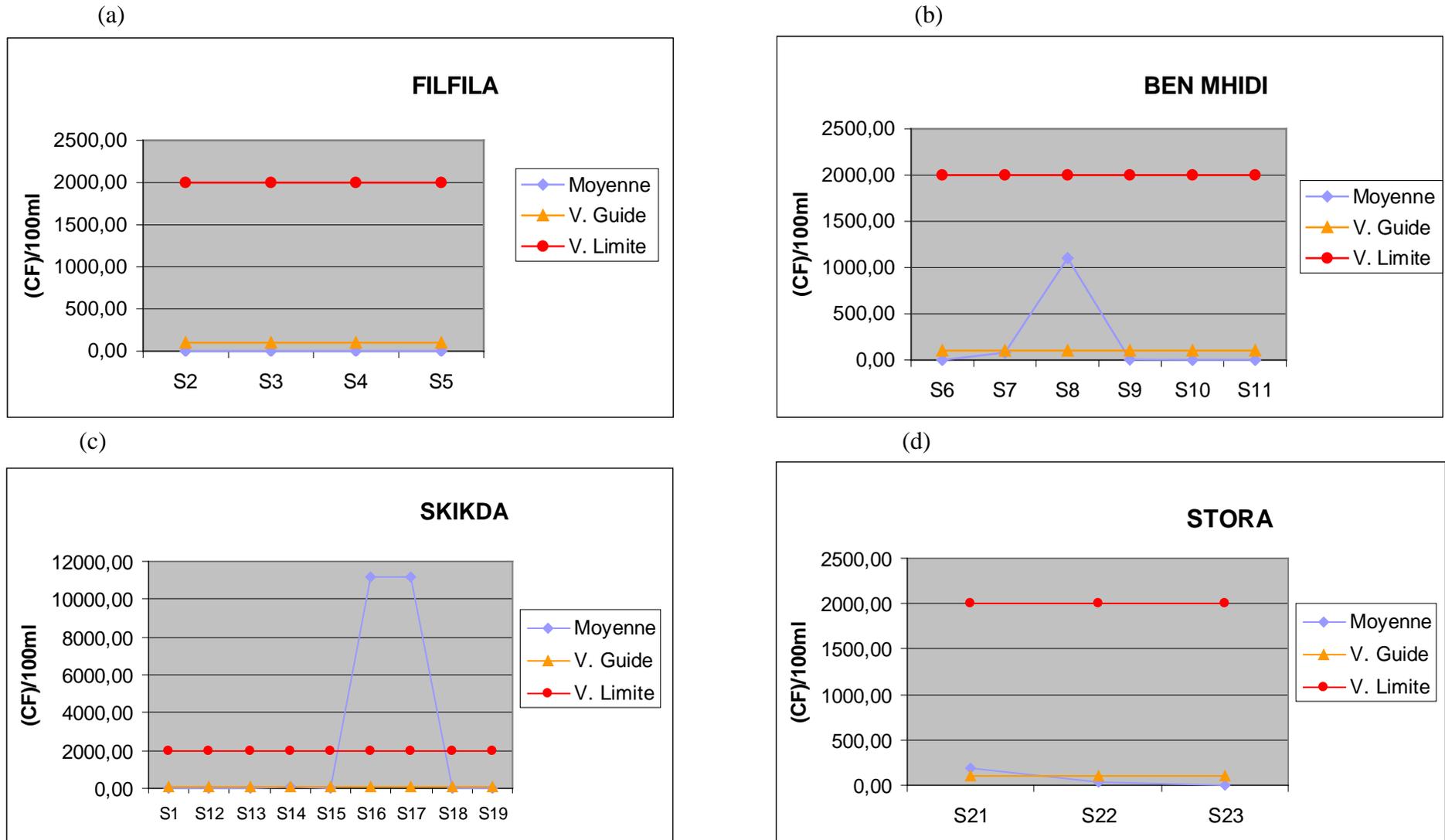


Fig. 44: Variation spatiale du nombre moyen des coliformes fécaux au niveau des communes de : (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora.

2.2.2 . Variation temporelle :

La figure 45 laisse apparaître que la variation temporelle des coliforme fécaux est significative en fonction du site considéré.

Commune de Filfila :

La figure 45.(a) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliforme fécaux est complètement nulle pour tous les sites à l'exception du site 3 (PL. Ben Mhidi poste 7) et 4 (PL. Ben Mhidi poste 8) pendant les mois de mai et de juin ou nous avons enregistré 3CF/100ml.

Commune de Ben Mhidi :

La figure 45.(b) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliforme fécaux est significative, notamment, pour les sites 7 (PL. Ben Mhidi poste 4) et 8 (PL. Ben Mhidi poste 3) . Elle est marquée par un maximum de 11000 CF/100ml pour le site 8 au mois de juillet, dépassant ainsi la valeur guide et étant au-dessus de la valeur limite et par un minimum de 15 CF/100ml pour le site 9 (PL. Ben Mhidi poste 2) durant le mois de mai. Pour le site 7 un pic de 460 CF/100ml est noté en août. (Tableau. 9 en Annexe.2).

Commune de Skikda :

La figure 45.(c) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliforme fécaux est significative. Elle est marquée par un maximum de 110000CF/100ml pour le site 16 (Embouchure Oued Safsaf) et 17 (point chaud) au cours du mois d'octobre, dépassant ainsi la valeur guide et la valeur limite et par un minimum de 3 CF/100ml pour le site 16 en juin et le site 17 en septembre qui est en dessous de la valeur guide et de la valeur limite.

Les valeurs du nombre de coliformes fécaux (CF) au niveau du site 16 pendant les mois de février, mars, avril et mai sont comprises entre la valeur guide et la valeur limite, pour le site 17, c'est le cas de janvier à juin. (Tableau. 9 en Annexe.2).

Commune de Stora :

La figure 45.(d) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des coliforme fécaux est très significative. Elle est marquée par un maximum de 460 CF/100ml pour le site 21 (port de pêche) au mois d'août, étant ainsi compris entre la valeur guide et la valeur limite et par un minimum de 3 CF/100ml pour le site 23 (PL. Miramare) au mois de juillet. A l'exception du mois de février et du mois d'avril, les valeurs du nombre de coliformes fécaux pour le site 21 sont comprises entre la valeur guide et la valeur limite. Pour le site 22 (PL. Mollo), ce n'est le cas que pour le mois de septembre.

Commune de Aîn Zouit :

Au niveau de cette commune, la présence des coliforme fécaux est complètement nulle.

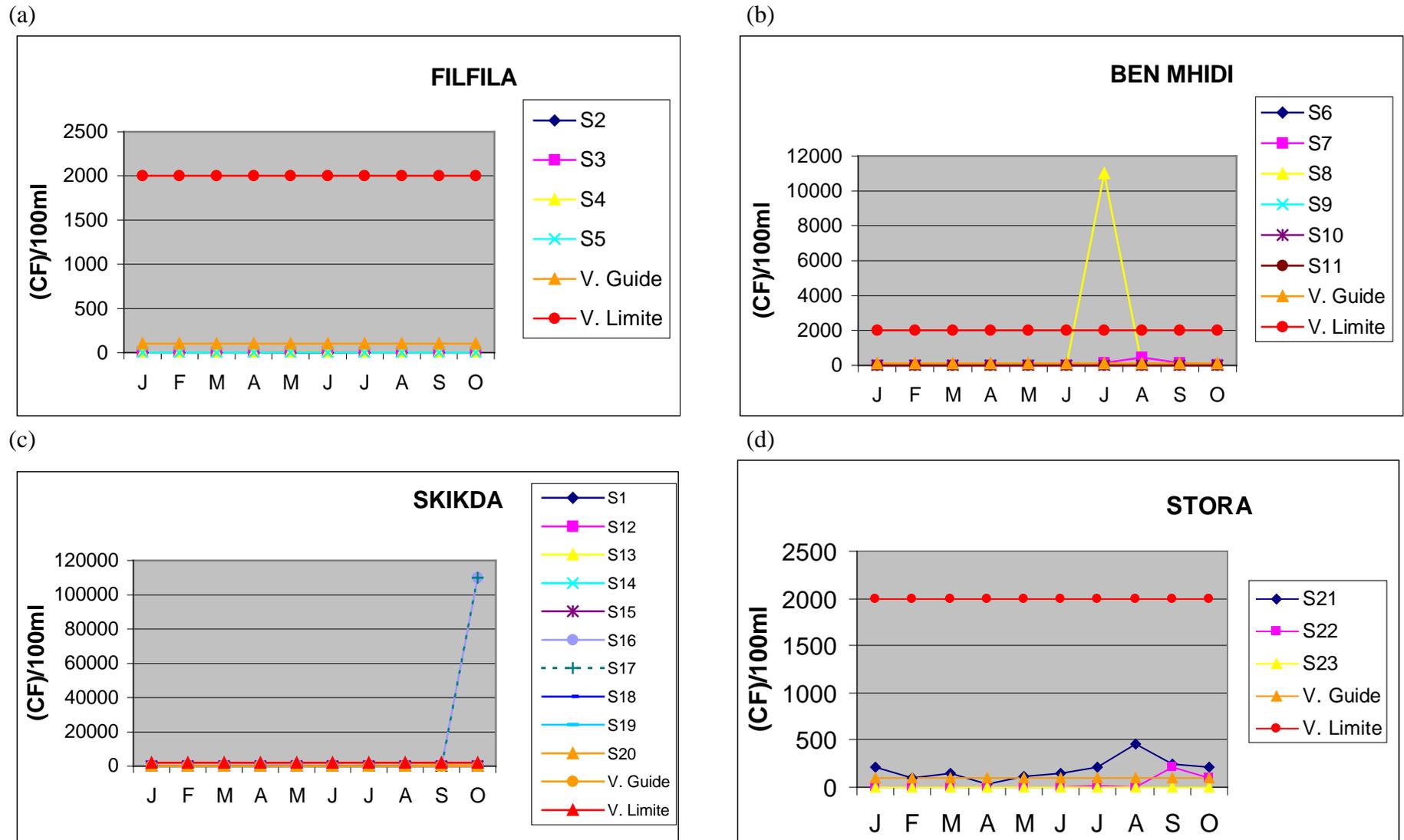


Fig. 45: Variation temporelle du nombre des coliformes fécaux au niveau des communes de : (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) Skikda, (d) : Stora.

2.3 Streptocoques fécaux :

2.3.1 . Variation spatiale :

Les figures 46 laisse apparaître que la variation spatiale des streptocoques fécaux (SF) est très significative.

Commune de Filfila :

La figure 46.(a) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des streptocoques fécaux est significative.

Les valeurs moyennes du nombre de streptocoques fécaux (SF) sont en dessous de la valeur guide (100 SF/100ml) avec un maximum de 6.90 SF/100ml pour les sites 2 (PL. Ben Mhidi poste 8) et 3 (PL. Ben Mhidi poste 7) et un minimum de 4.50 SF/100ml pour le site 5 (PL. Ben Mhidi entre poste 5 et 6)

Commune de Ben Mhidi :

La figure 46.(b) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des streptocoques fécaux est significative. Elle est marquée par un pic de 240411.10 SF/100ml pour le site 8 (PL. Ben Mhidi poste 3) dépassant ainsi la valeur guide et par un minimum de 4.50 SF/100ml pour le site 10 (PL. Ben Mhidi poste1).

Au niveau des sites 7 et 9, les valeurs du nombre moyen des streptocoques fécaux sont bien au-delà de la valeur guide. (Tableau. 10 en Annexe.2).

Commune de Skikda :

La figure 46.(c) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des SF est très significative. Elle est marquée par un maximum de 520.70 SF/100ml pour le site 19 (PL. Marquette) dépassant ainsi la valeur guide et par un minimum de 2.30 SF/100ml pour le site 1 (Point de référence) qui est en dessous de la valeur guide.

La valeur moyenne du nombre de SF au niveau des sites 12 (Rejet RA1/K), 13 (Rejet CP1/K), 14 (Rejet GL1/K), 16 (Oued Safsaf), 17 (point chaud), 19 (PL. Marquette) et 20 (PL. Militaire) dépasse de loin la valeur guide. (Fig. 48.(c) et Tableau. 10 en Annexe.2).

Commune de Stora :

La figure 46.(d) laisse apparaître que la variation spatiale du nombre moyen des SF est significative. Tous les sites considérés dépassent par leurs valeurs moyennes de SF la valeur guide avec un maximum de 72785 SF/100ml pour le site 21 (port de pêche) et un minimum de 24019.30 SF/100ml pour le site 22 (PL. Mollo). (Tableau. 10 en Annexe.2).

Commune de Aïn Zouit :

Au niveau de cette commune, la présence des streptocoques fécaux est complètement nulle.

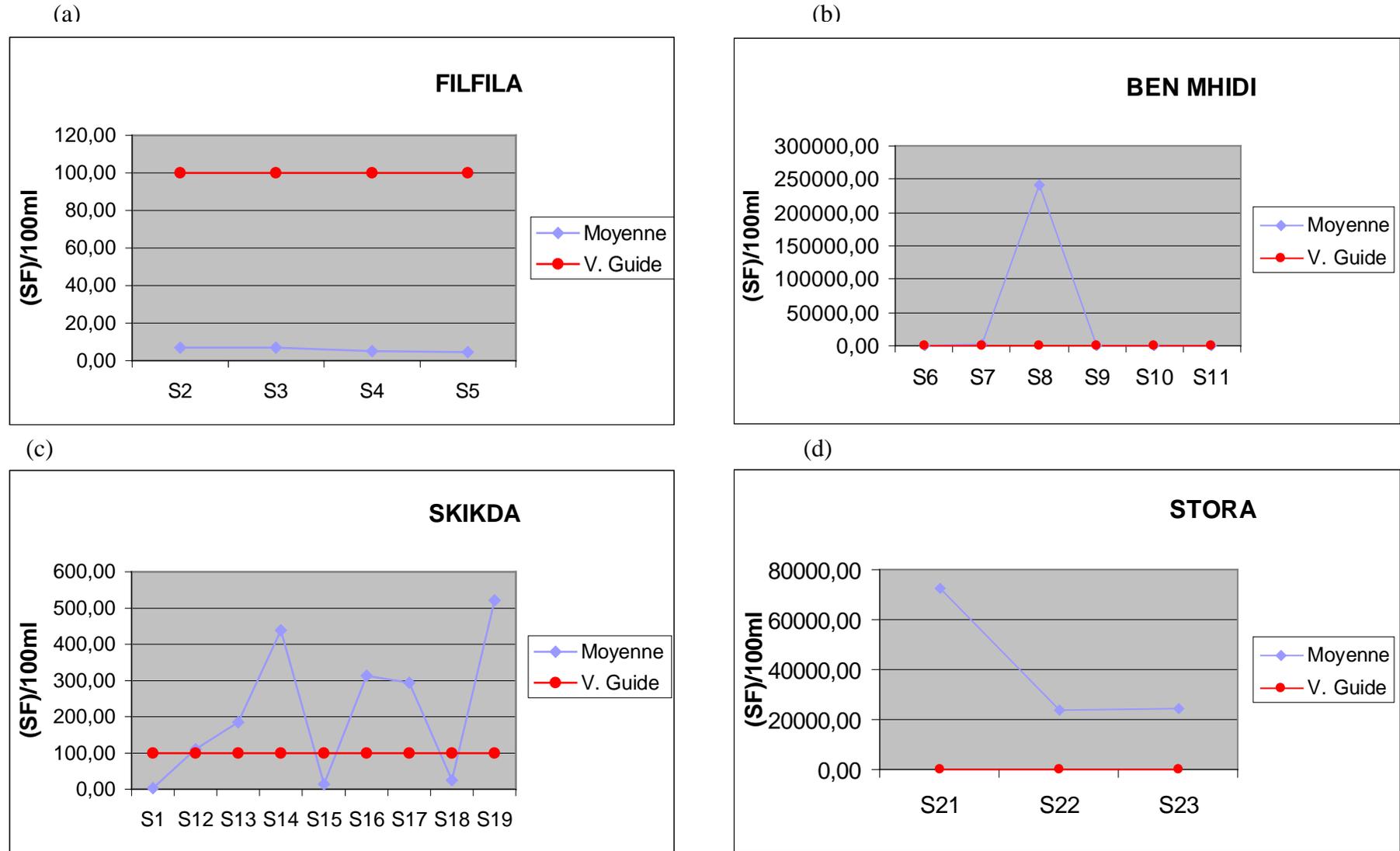


Fig. 46: Variation spatiale du nombre moyen des streptocoques fécaux au niveau des communes de : (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora.

2.3.2 . Variation temporelle :

Les figures 47 laisse apparaître que la variation temporelle des streptocoques fécaux (SF) est très significative.

Commune de Filfila :

La figure 47.(a) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des streptocoques fécaux est quasiment nulle pour tous les sites durant toute la période de l'étude à l'exception de la période allant de juillet à octobre où l'on observe une légère variation avec un maximum de 43 SF/100ml pour le site 3 (PL. Ben Mhidi poste 7) et le site 4 (PL. Ben Mhidi poste 6) en octobre et un minimum de 3SF/100ml pour les sites 3 et le site 5 (PL. Ben Mhidi entre poste 5 et 6) en août.

Commune de Ben Mhidi :

La figure 47.(b) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des streptocoques fécaux est significative, notamment, pour les sites 7 (PL. Ben Mhidi poste 4), 8 (PL. Ben Mhidi poste 3) et 9 (PL. Ben Mhidi poste 2). Elle est marquée par un maximum de 2400000 SF/100ml pour le site 8 au mois de juillet, dépassant ainsi la valeur guide et un minimum de 3 SF/100m pour le site 10 (PL. Ben Mhidi poste1) au mois de septembre. Au cours des mois allant de juillet à octobre, le nombre des SF enregistré au niveau des sites 7 et 8 dépasse largement la valeur guide. Pour le site 9, le dépassement est enregistré au cours des mois allant de juillet à septembre. (Tableau. 10 en Annexe.2)

Commune de Skikda :

La figure 47.(c) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des SF est très significative. Elle est marquée par un maximum de 2400 SF/100ml au cours du mois de juillet pour les sites 19 (PL. Marquette) et 20 (PL. Militaire), au cours du mois de septembre pour le site 19 et au cours du mois d'octobre pour les sites 16 (Embouchure Oued Safsaf) et 17 (Point chaud) dépassant ainsi la valeur guide. Au cours du mois de janvier, nous enregistrons un minimum de 3 SF/100ml pour les sites 12 (Rejet RA1/JK) et 17, ainsi qu'au cours du mois de mars pour le site 18 (ancien port), au cours du mois d'avril pour les sites 19 (PL. Marquette) et 20 (PL. Militaire) et au cours du mois de mai pour le site 20. Un dépassement de la valeur guide est enregistré au cours de toute la période de l'étude pour le site 14 (Rejet GL1/K), de même pour le site 13 (Rejet CP1/K) à l'exception du mois de janvier et de juillet. Pour le site 12, le dépassement de la valeur guide s'étale de juillet à octobre, alors que pour les sites 19 et 20, il s'étale de juillet à septembre à l'exception du mois d'août pour le site 20.(Fig. 47.(c) et Tableau. 10 en Annexe.2).

Commune de Stora :

La figure 47.(d) laisse apparaître que la variation temporelle du nombre des SF est significative. Elle est marquée par un maximum de 240000 SF/100ml au cours du mois de juillet pour tous les sites considérés, dépassant ainsi la valeur guide et un minimum de 4 SF/100ml pour le site 22 (PL. Mollo) au mois d'août. Pour le site 21, une évolution croissante du nombre de SF est marquée jusqu'au mois de juillet et une décroissance à partir du mois d'août. (Tableau. 10 en Annexe.2).

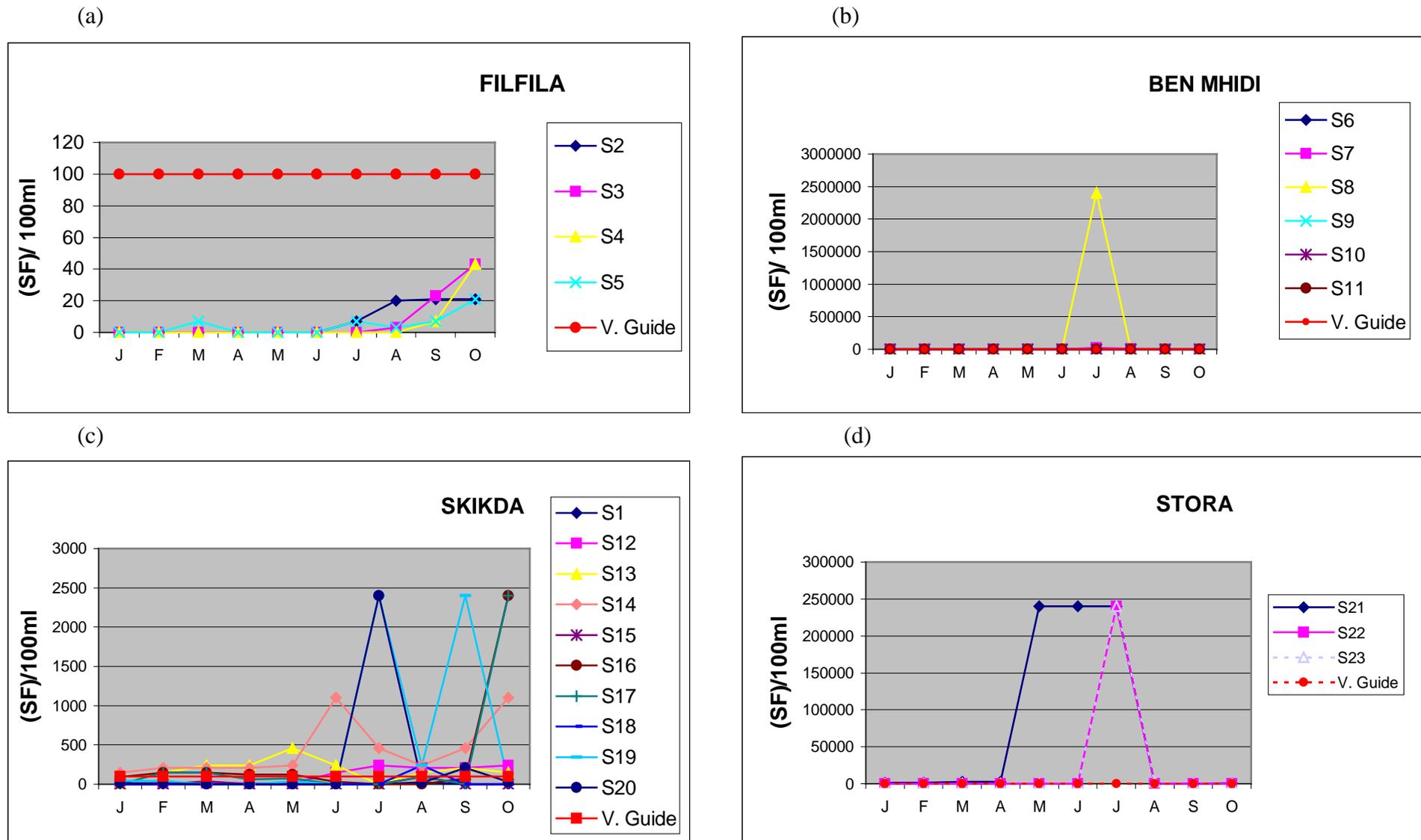


Fig. 47: Variation temporelle du nombre des streptocoques fécaux au niveau des communes de : (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora.

Commune de Aïn Zouit :

Au niveau de cette commune, la présence des streptocoques fécaux est complètement nulle.

D'un point de vue global, la répartition de la flore microbienne au niveau des 5 communes est caractérisée par une prédominance des coliformes totaux avec 70.61% de la flore microbienne totale, suivie des streptocoques fécaux avec 27.78% et des coliformes fécaux avec 1.61% seulement.

La figure 48 nous permet de constater que la structure de cette flore microbienne est représentée par :

Les coliformes totaux :

- à 87.89% de la flore microbienne au niveau de la commune de Filfila.
- à 76.34% de la flore microbienne au niveau de la commune de Ben Mhidi.
- à 59.39% de la flore microbienne au niveau de la commune de Skikda.
- à 58.85% de la flore microbienne au niveau de la commune de Stora.
- à 100% de la flore microbienne au niveau de la commune de Ain Zouit.

Les coliformes fécaux :

- à 0.54% de la flore microbienne au niveau de la commune de Filfila.
- à 0.31% de la flore microbienne au niveau de la commune de Ben Mhidi.
- à 5.54% de la flore microbienne au niveau de la commune de Skikda.
- à 0.05% de la flore microbienne au niveau de la commune de Stora.
- à 0% de la flore microbienne au niveau de la commune de Ain Zouit.

Les streptocoques fécaux :

- à 11.58% de la flore microbienne au niveau de la commune de Filfila.
- à 23.36% de la flore microbienne au niveau de la commune de Ben Mhidi.
- à 35.07% de la flore microbienne au niveau de la commune de Skikda.
- à 41.10% de la flore microbienne au niveau de la commune de Stora.
- à 0% de la flore microbienne au niveau de la commune de Ain Zouit.

Avec un nombre total de 10215382 de coliformes totaux, 58.13% sont concentré au niveau de la commune de Skikda contre 0.02% pour la commune de Filfila. (Fig. 49)

Pour les coliformes fécaux, 94.11% du nombre total (238613) est concentré au niveau de la commune de Skikda contre 0.01% toujours pour la commune de Filfila.

Alors que 66.42% du nombre totale des streptocoques fécaux (3670422) sont concentrés au niveau de la commune de Ben Mhidi, 0.01% seulement sont concentrés au niveau de la commune de Filfila. (Fig. 49)

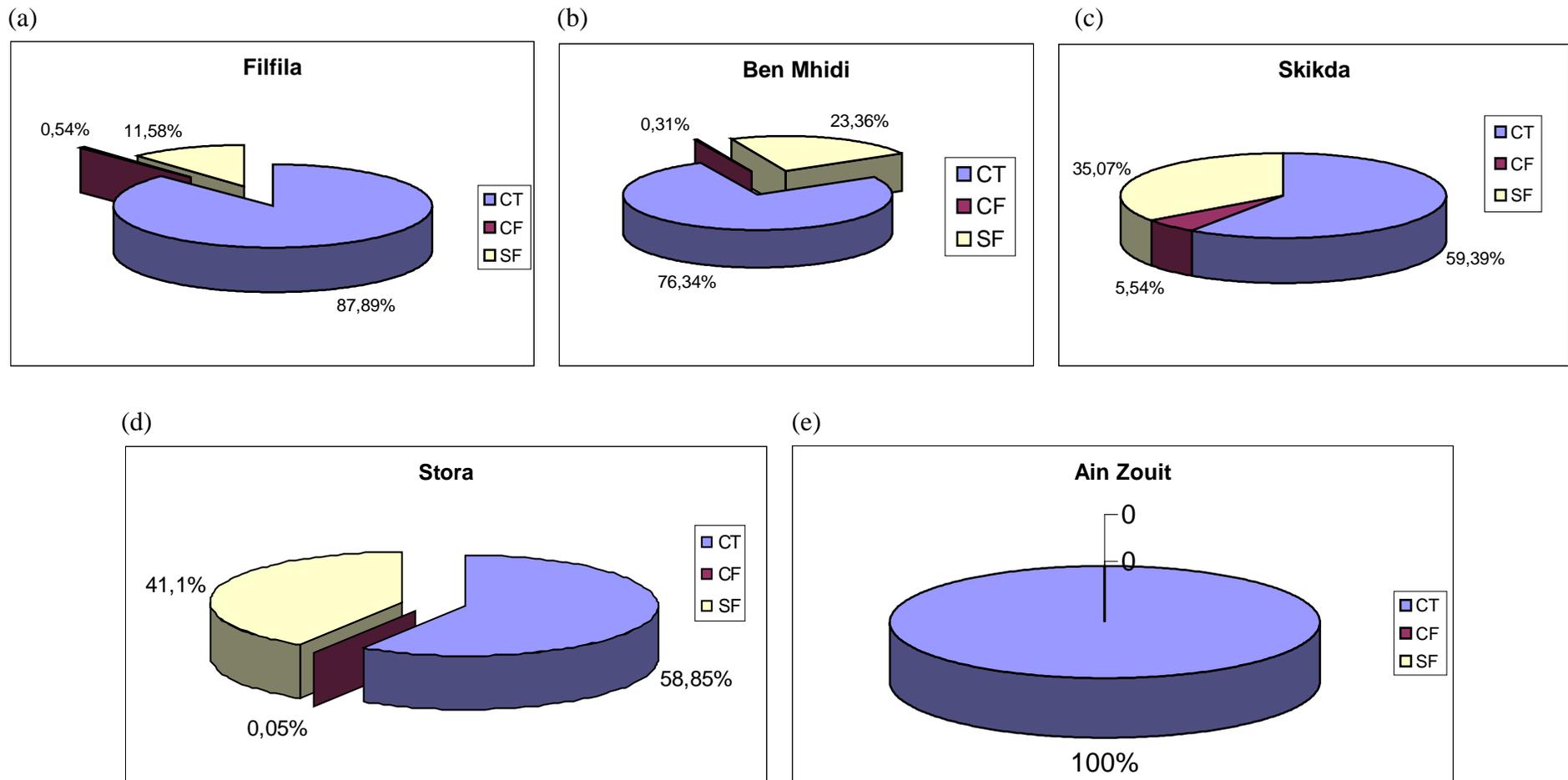


Fig. 48: Structure du nombre des streptocoques fécaux au niveau des communes de : (a) : Filfila, (b) : Ben Mhidi, (c) : Skikda, (d) : Stora, (e) : Ain Zouit.

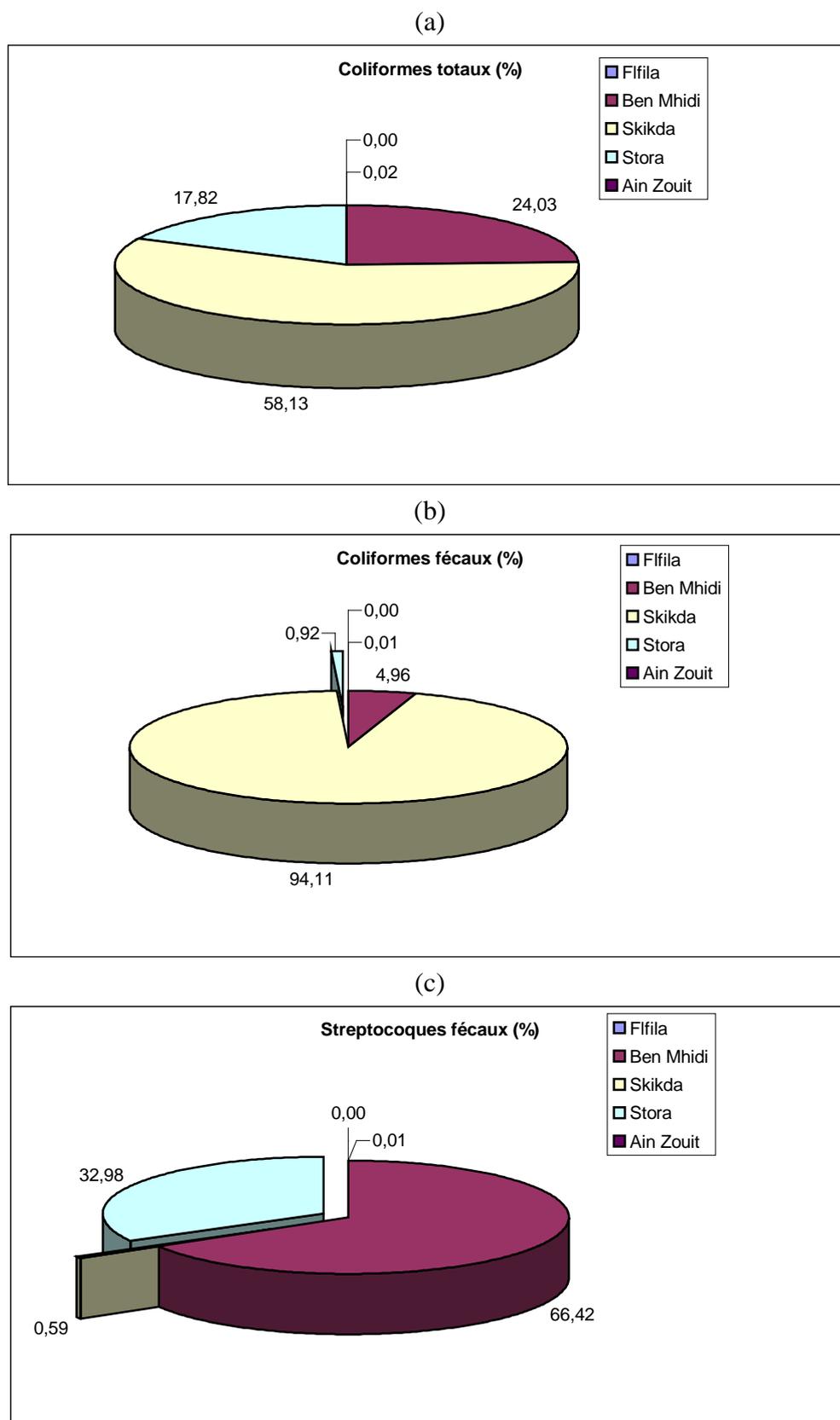


Fig. 49 : Répartition spatiale de la flore microbienne : (a) : Coliformes totaux, Coliformes fécaux, (c) : Streptocoques fécaux.

(b) :

Ainsi, l'indice de Bourgeois est inférieur à la valeur guide qui est de 1 au niveau de toute la zone d'étude à l'exception de la commune de Skikda où il atteint la valeur moyenne de 7.48 avec 35.54 pour le site 16 (Oued Safsaf) et 37.85 pour le site 17 (Point chaud). (Fig. 50 et Tableau. 13 en Annexe.2).

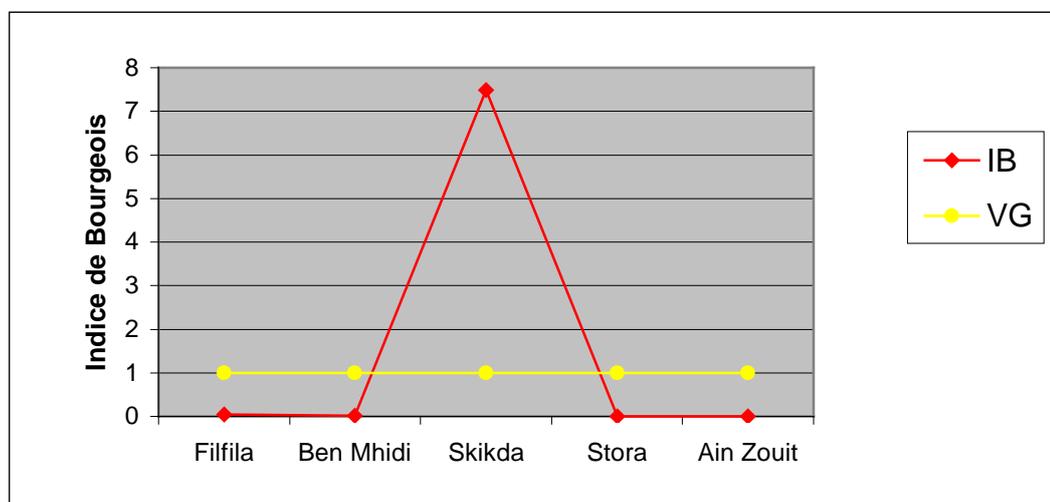


Fig. 50 : Représentation graphique de l'indice de bourgeois (IB).

3. Polluants organiques : Les hydrocarbures totaux (HCT).

La variation spatiale des hydrocarbures totaux est exprimée globalement sous forme de moyennes.

Variation spatiale :

Avec une valeur moyenne maximum de 33.33 mg/l pour le site 12 (Rejet RA1/K) qui dépasse de loin la valeur limite (V.L) de 20 mg/l et une valeur moyenne minimum de 1.11 mg/l pour le site 16 (Embouchure Oued Safsaf), la variation spatiale des hydrocarbures est significative. (Fig. 51)

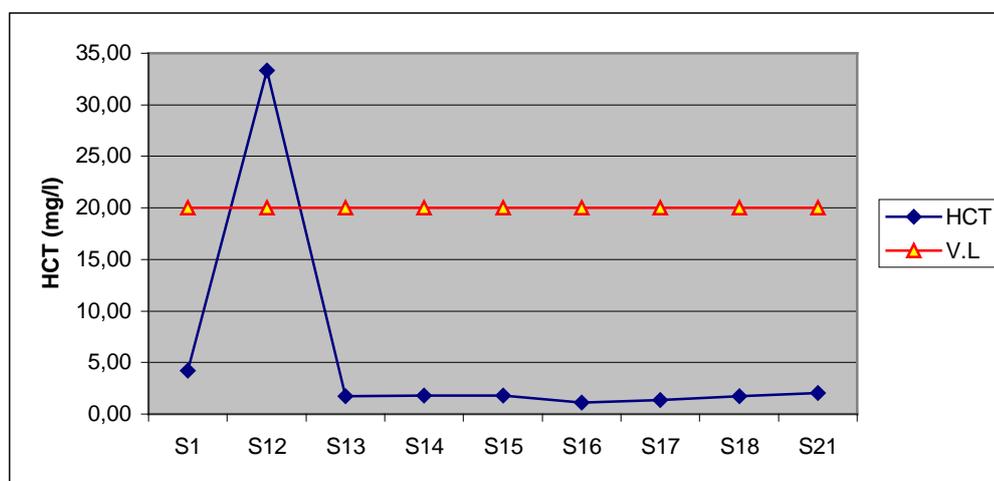


Fig. 51 : Variation spatiale des hydrocarbures totaux (Valeurs moyennes).

Variation temporelle :

La figure 52 laisse apparaître que la variation temporelle des hydrocarbures totaux est significative.

Site1 : Point de référence : (Fig. 52. (a) et Tableau. 11en Annexe. 2)

La variation est très significative avec un maximum de 12.59 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois de juillet et un minimum de 1.40 mg/l pour les mois de juin et d'octobre. Cependant, durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées restent en dessous de la valeur limite.

Site12 : Rejet RA1/K : (Fig. 52. (b) et Tableau. 11en Annexe. 2)

La variation est très significative avec un maximum de 57.91 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois d'octobre et un minimum de 13.60 mg/l pour les mois de juillet. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont au-delà de la valeur limite, exception faite pour le mois de juillet où la valeur est en dessous de la valeur limite.

Site13 : Rejet CP1/K : (Fig. 52. (c) et Tableau. 11en Annexe. 2)

La variation est peu significative avec un maximum de 2.56 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois de juin et un minimum de 1.17 mg/l pour le mois d'octobre. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite.

Site14 : Rejet GL1/K : (Fig. 52. (d) et Tableau. 11en Annexe. 2)

La variation est peu significative avec un maximum de 2.33 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois d'octobre et un minimum de 1.24 mg/l pour le mois de septembre. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite.

Site15 : Nouveau port : (Fig. 52. (e) et Tableau. 11en Annexe. 2)

La variation est peu significative avec un maximum de 2.95 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois de juillet et un minimum de 1.09 mg/l pour le mois de juin. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite.

Site16 : Embouchure Oued Safsaf : (Fig. 52. (f) et Tableau. 11en Annexe. 2)

La variation est peu significative avec un maximum de 1.86 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois de juin et un minimum de 0.62 mg/l pour le mois de septembre. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite.

Site17 : Point chaud : (Fig. 52. (g) et Tableau. 11en Annexe. 2)

La variation est peu significative avec un maximum de 1.55 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois de juin et un minimum de 1.17 mg/l pour le mois de septembre. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite.

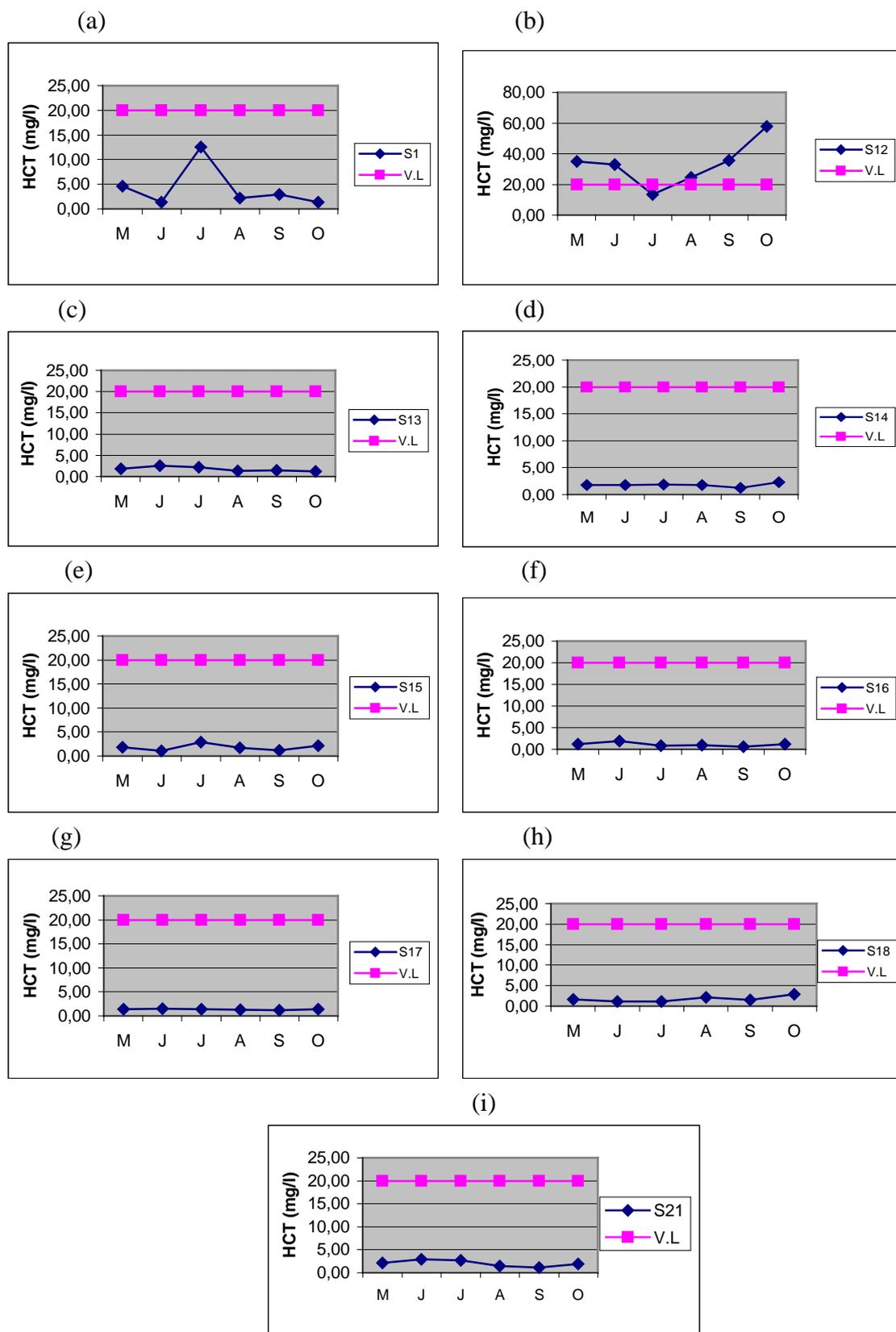


Fig. 52 : Variation temporelle des hydrocarbures totaux : (a) : S1, (b) : S12, (c) : S13, (d) : S14, (e) : S15, (f) : S16, (g) : S17, (h) : S18, (i) : S21.

Site18 : Ancien port : (Fig. 52. (h) et Tableau. 11 en Annexe. 2)

La variation est peu significative avec un maximum de 2.87 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois d'octobre et un minimum de 1.09 mg/l pour le mois de juillet. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite.

Site 21 : Port de pêche : (Fig. 52. (i) et Tableau. 11 en Annexe. 2)

La variation est peu significative avec un maximum de 2.95 mg/l d'hydrocarbures totaux pour le mois de juin et un minimum de 1.17 mg/l pour le mois de septembre. Durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite.

4. Polluants métalliques : Les métaux lourds. (Fig. 53 et 54)

A défaut de prélèvements mensuels du sédiment superficiel, Pour les métaux lourds, nous n'avons étudié que la variation spatiale de chaque micro-polluant considéré. (Fig. 53 et 54)

4.1. Cadmium : (Fig. 53 (a))

La présence du Cd est complètement nulle à l'exception du site 15 (Nouveau port) où il est présent avec une concentration de 1.5 mg/kg, valeur comprise entre la limite A et la limite B (normes hollandaises), faisant ainsi partie de la classe 2.

4.2. Chrome : (Fig. 53 (b))

La variation spatiale du Cr est significative, avec un maximum de 63.47 mg/kg pour le site 18 (ancien port) et un minimum de 38.33 mg/kg pour le site 21. Ainsi, le sédiment de toute la zone d'étude fait partie de la classe 1.

4.3. Cuivre : (Fig. 53 (c))

La variation spatiale du Cu est très significative, avec un maximum de 58.66 mg/kg pour le site 18 (ancien port) l'incluant ainsi dans la classe 2 et un minima de 18 mg/kg pour le site 15 (nouveau port). Les valeurs enregistrées pour les sites 17 (point chaud) et 21 font également partie de la classe 2.

4.4. Mercure : (Fig. 53 (d))

La variation spatiale de l'Hg est significative, avec un maximum de 2.01 mg/kg pour le site 15 (nouveau port), valeur comprise entre la limite B et la limite C, faisant ainsi partie de la classe 3 et un minima de 0.01 mg/kg pour le site 10 (PL. Ben Mhidi poste 1).

Les valeurs enregistrées pour les sites 18 et 21 (port de pêche) font partie de la classe 2 étant comprises entre la limite A et la limite B. Un dépassement des normes algériennes est enregistré également pour le site 15.

4.5. Plomb : (Fig. 53 (e))

La variation spatiale du Pb est très significative, avec un maximum de 145 mg/kg pour le site 21 faisant ainsi partie de la classe 2 et un minimum de 36.5 mg/kg pour le site

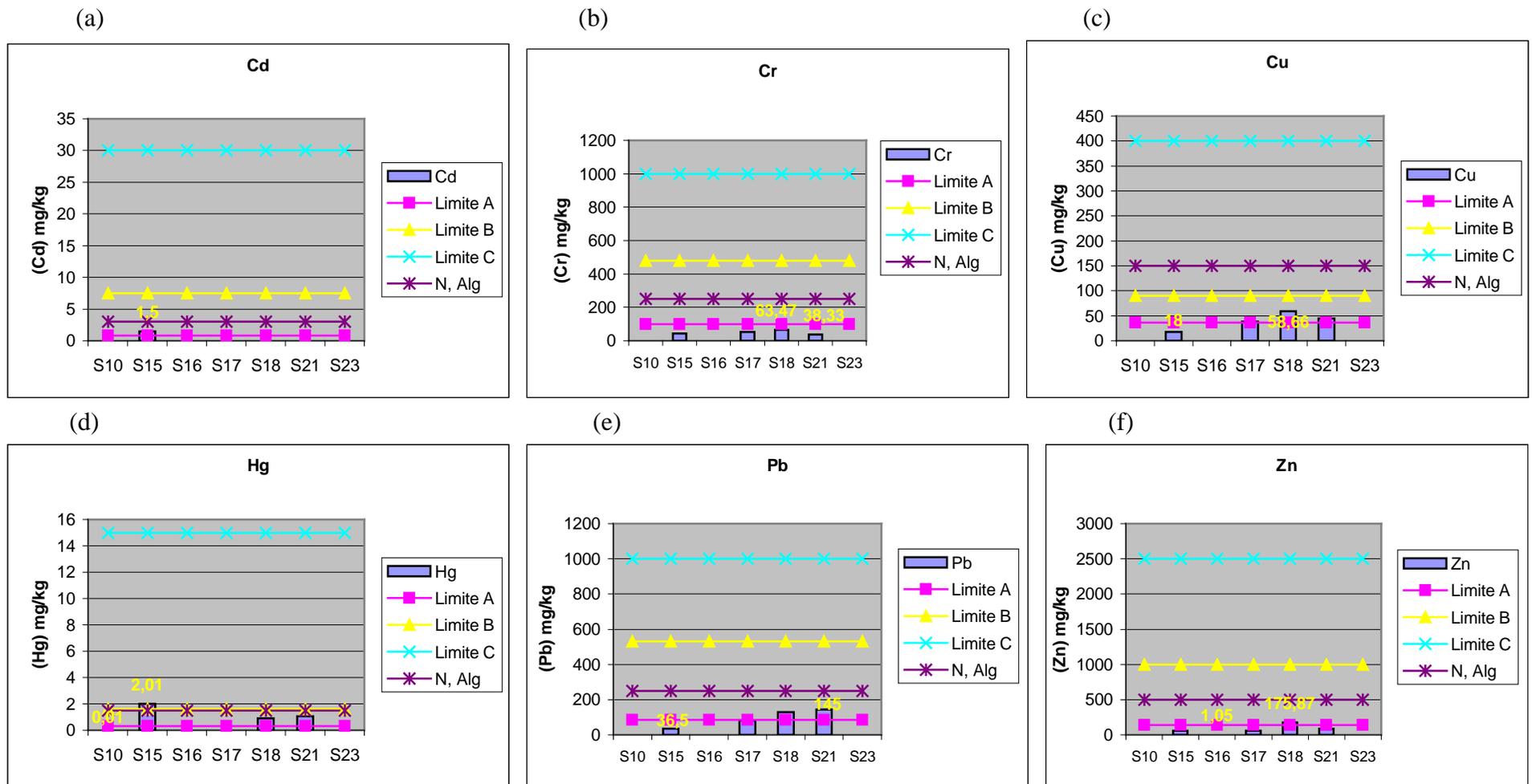


Fig. 53 : Variation spatiale des métaux lourds : (a) : Cadmium, (b) : Chrome, (c) : Cuivre, (d) : Mercure, (e) : Plomb, (f) : Zinc.

15 (nouveau port). La valeur de 129.6 mg/kg enregistrée au niveau du site 18 fait également partie de la classe 2.

4.6.Zinc : (Fig. 53 (f))

La variation spatiale du Zn est très significative, avec un maximum de 175.87 mg/kg pour le site 18 (ancien port), l'incluant ainsi dans la classe 2 et un minimum de 1.05 mg/kg pour le site 16 (Embouchure Oued Safsaf).

4.7.Nickel : (Fig. 54 (a))

La variation spatiale du Ni est assez significative, avec un maximum de 40 mg/kg pour le site 18 (ancien port) et un minimum de 15 mg/kg pour le site 17 (point chaud), ces valeurs sont en deçà des normes algériennes (75 mg/kg).

4.8. Fer : (Fig. 54 (b))

La variation spatiale du Fe est assez significative, avec un maximum de 16846.5 mg/kg pour le site 18 (ancien port) et un minimum de 0.37 mg/kg pour le site 17 (Point chaud).

4.9. Manganèse : (Fig. 54 (c))

La variation spatiale du Mn est très significative, avec un maximum de 260.5 mg/kg pour le site 18 (ancien port) et un minimum de 1.03 mg/kg pour le site 23 (PL. Miramare).

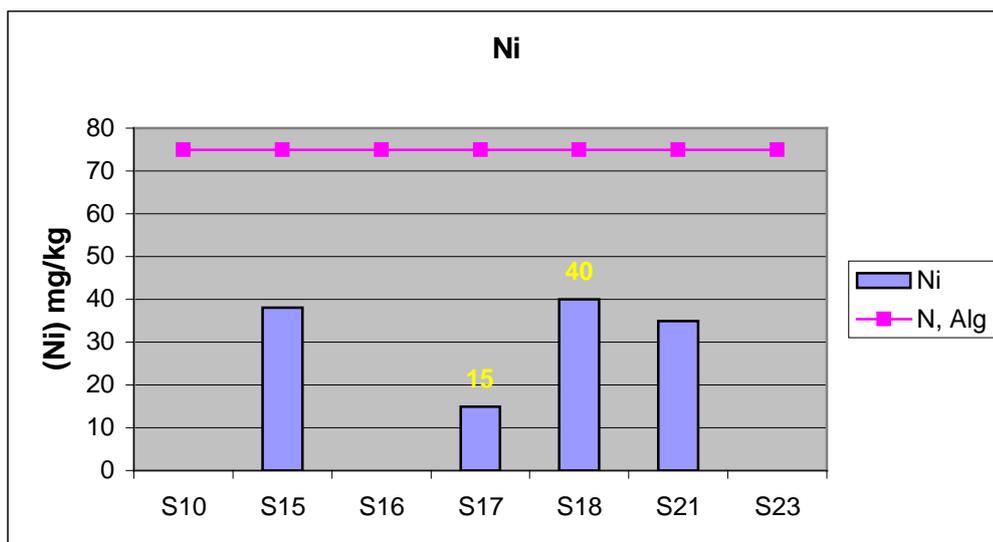
D'un point de vue globale, nous pouvons constater ce qui suit : (voir Tableau. 12 en Annexe.2)

- à l'exception du plomb, du mercure et du cadmium, les valeurs maximales de chaque micro-polluant sont enregistrées au niveau du site 18 (ancien port).
- Pour le plomb, la valeur maximale est enregistrée au niveau du site 21 (Port de pêche).
- Le cadmium est totalement absent, exception faite pour le site 15 (nouveau port).
- Pour le mercure, la valeur maximale est enregistrée au niveau du site 15 également.
- Parmi les micro-polluants considérés, le fer est l'élément prédominant.

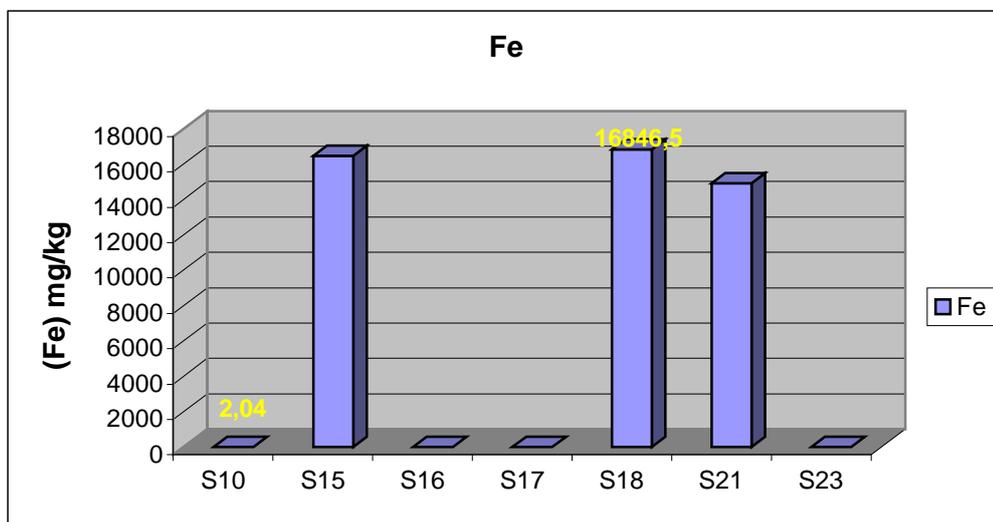
Indice de contamination :

L'indice de contamination calculé pour le cuivre, le manganèse et le zinc est variable d'un métal à un autre et d'un site à un autre. Cependant les valeurs de cet indice pour les 3 métaux considérés et pour chaque site sont en deçà de la valeur 3. (Fig. 55)

(a)



(b)



(c)

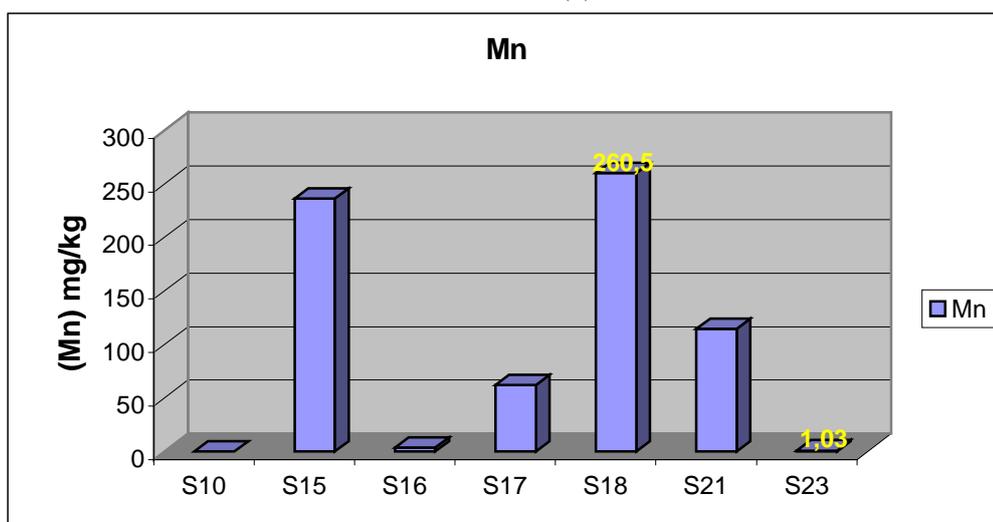
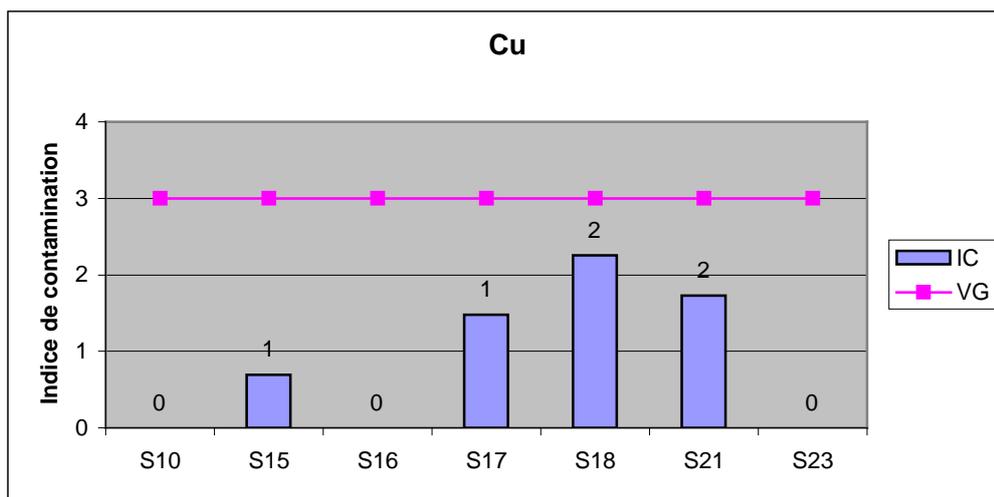
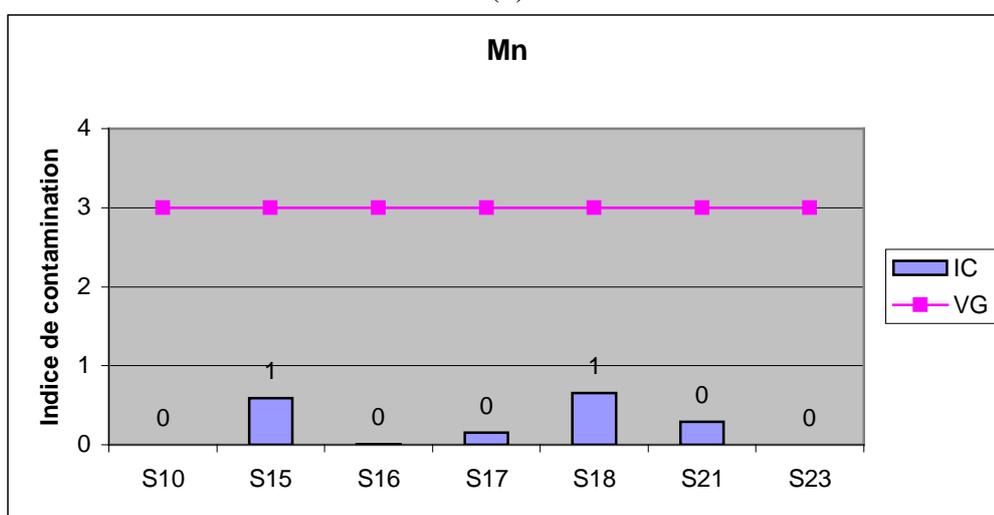


Fig. 54 : Variation spatiale des métaux lourds : (a) : Nickel, (b) : Fer, (c) : Manganèse.

(a)



(b)



(c)

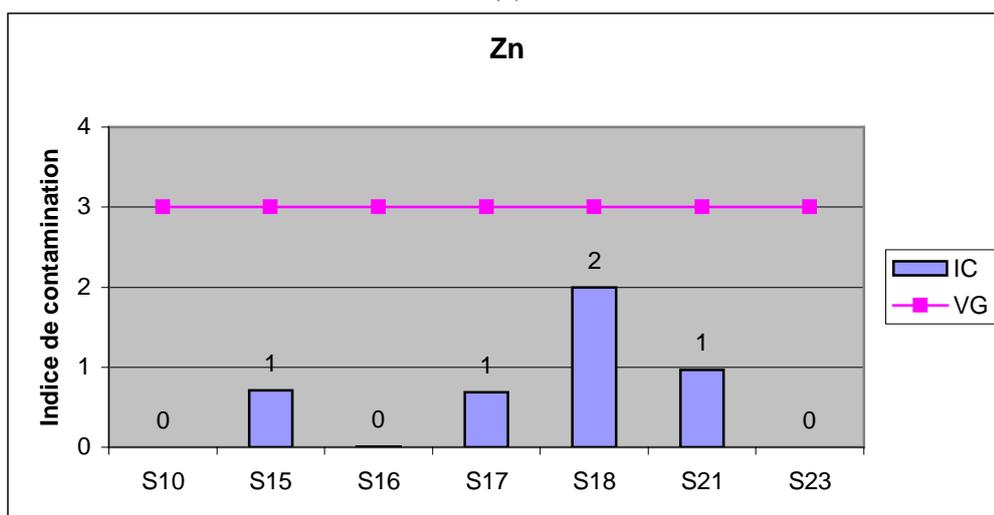


Fig. 55 : Représentation graphique de l'indice de contamination : (a) : Cuivre, (b) : Manganèse, (c) : Zinc.

(b) :

Selon la figure 56, Il apparaît clairement que le fer est le métal le plus représenté d'un point de vue quantitatif et spatial avec une prédominance de 96.11%, suivie du manganèse avec 1.35%(voir Tableau.12 en Annexe.2).

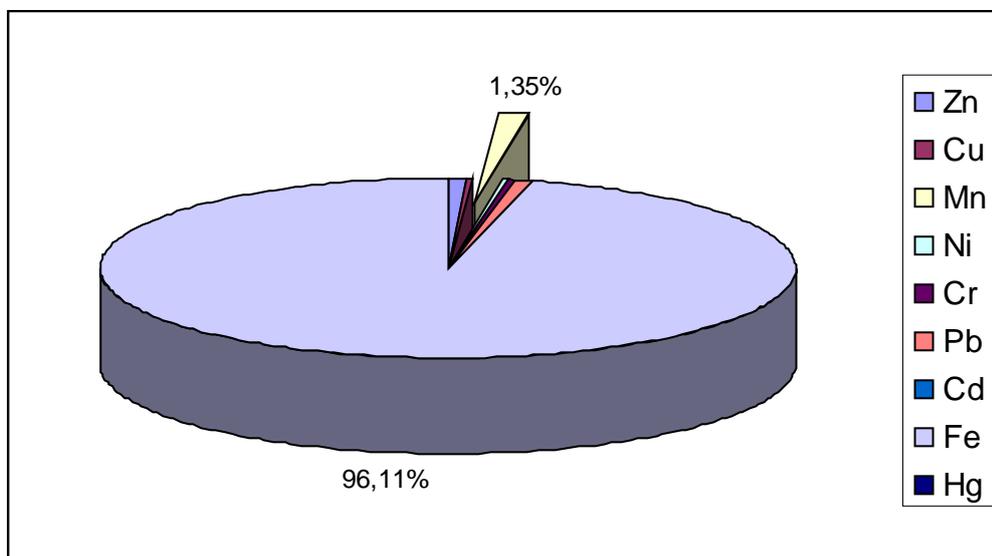


Fig. 56 : Structure des micro-polluants selon leur prédominance.

INTERPRETATIONS ET DISCUSSION

IV. Interprétations et discussion :

L'analyse des résultats obtenus lors de l'évaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda, fait ressortir une évolution spatio-temporelle des paramètres chimiques, micro biologiques et organique dans les eaux superficielles du littoral marin ainsi que des teneurs en 9 métaux lourds dans le sédiment superficiel.

Hormis le suivi sanitaire de la qualité micro biologique des eaux de mer ; à savoir les concentrations en coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux, effectué par le secteur de la santé, aucun autre type de suivi n'est établi au niveau de la région de Skikda notamment pour les métaux lourds et les hydrocarbures.

Les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques des eaux superficielles du littoral de Skikda effectué durant une période de 10 mois nous permettent de constater que les valeurs maximales sont caractérisées par une variabilité spatiale en fonction du paramètre considéré.

Pour la température, la valeur maximale est obtenue au niveau du site 17 (point chaud) au mois de mai ce qui s'explique par le fait que la température ambiante au cours de la journée ou a été fait le dosage était particulièrement élevée. Cependant, la valeur minimale a été également enregistrée au mois de mai au niveau du site 19 ce qui est probablement due au fait que les masses d'eau plus froides, donc plus légères remontent vers la surface en plus du fait que ce site est plus ouvert aux intrusions du large du bassin Méditerranéen.

Néanmoins, l'évolution mensuelle des températures pour chaque site est conforme à celle enregistrée dans la même région (ROUIDI, 2002) ainsi que dans d'autres sites de la méditerranée, notamment dans la baie de Annaba (BOUHAYENE, 2002 et OUNISSI *et al.*, 1998) et de Port-Cros en France (AUGIER *et al.*, 1980). Les valeurs obtenues sont saisonnières et également en conformité avec celles enregistrées en périodes ultérieures, notamment pour l'ancien port de Skikda (S18) et les sites avoisinants (LEM, 1998).

Au niveau des sites 12, 13 et 14 représentant 3 rejets potentiels industriels, les températures enregistrées tout au long de la période de l'étude sont en dessous de la valeur limite (30°C) mettant ainsi en évidence la conformité de ces rejets avec les normes et la réglementation en vigueur.

La variabilité spatio-temporelle du pH est relativement faible. Cependant, toutes les valeurs enregistrées dépassent la valeur limite inférieure ce qui nécessiterait un suivi. Mais ces mêmes valeurs demeurent conformes à celles enregistrées dans la même région (LEM, 1998 ; ROUIDI, 2002) avec un dépassement de la valeur limite supérieure, pour le site 12 aux mois de mars et d'octobre, et tout au long de la période de l'étude pour le site 13, cette tendance basique trouverait probablement son explication dans la concentration et le type de produits chimiques rejeté, notamment pour le site 13 (industrie pétrochimique) et ceci met en évidence une non-conformité totale pour le complexe CP1/K de ces rejets d'effluents avec la réglementation en vigueur.

Les valeurs de salinité obtenues sont compatibles avec les moyennes observées en mer Méditerranée et avec celles mesurées habituellement sur les côtes algériennes (OUNISSI et FREHI, 1999 ; BOUHAYENE, 2002).

Les valeurs maximales pour l'oxygène dissout sont obtenues durant la saison du printemps et de l'automne et ceci s'explique par une activité photosynthétique intense du phytoplancton caractéristique en ces périodes de l'année. Les taux de saturations enregistrés sont conformes à ceux obtenus pour la même région au cours d'autres suivis (HAMIDI, 1997) et leur conformité aux normes réglementaire est également mise en évidence.

De même, les valeurs enregistrées pour la conductivité électrique et le potentiel REDOX sont conformes aux résultats obtenus durant d'autres études (HAMIDI, 1997 ; LEM ; 1998).

Le tableau 13 nous permet d'établir une comparaison entre les résultats obtenus au cours de notre étude (pour la température, la salinité, la conductivité électrique et le pH) pour 4 sites avec ceux de différents auteurs.

Tableau. 13 : Comparaison des résultats obtenus (Physico-chimiques) avec ceux de différents auteurs.

	Température (°C)	Salinité (‰)	Conductivité (µs/cm)	pH	Références
Ancien port	23.15	32.97	43.79	5.71	LEM (1998)
	26.99	42.67	23.67	8.09	GUEDDAH (2003)
Port de pêche	26.30	39.60	28.90	8.14	HAMIDI (1997)
	26.04	40.82	26.08	8.05	GUEDDAH (2003)
PL. Mollo	26.28	39.80	30.62	8.04	HAMIDI (1997)
	27.76	40.24	24.79	8.03	GUEDDAH (2003)
O. Safsaf	28.58	39.00	27.42	8.16	HAMIDI (1997)
	27.72	39.94	26.09	8.10	GUEDDAH (2003)
R. CP1/K	27.02	39.20	26.42	8.44	HAMIDI (1997)
	26.99	40.39	26.53	9.06	GUEDDAH (2003)

Pour l'ancien port (site 18), une nette évolution est marquée pour les 4 paramètres considérés. Ainsi, comparées aux résultats du LEM (1998), les valeurs de la température, de la salinité et du pH obtenues au cours de notre étude sont relativement élevées. Ces facteurs étant interdépendants, cette élévation trouverait probablement son explication dans le réchauffement de la terre. Cependant, nous notons une légère baisse de la conductivité électrique qui traduit une baisse de la matière en suspension.

Pour le port de pêche (site 21), les valeurs des 4 paramètres obtenues sont conformes à celles de HAMIDI (1997) avec cependant, une légère baisse de la conductivité électrique.

Pour la plage Mollo (site 22), l'Oued Safsaf (site 16) et le rejet du CP1/K (site 13), les résultats obtenus sont également comparables à ceux de HAMIDI (1997), exception faite pour le pH du rejet du CP1/K où l'on constate une élévation du pH qui pourrait s'expliquer par la nature chimique du rejet lui-même.

Les résultats obtenus lors du suivi de la flore microbienne nous ont permis de mettre en évidence une prédominance des coliformes totaux, suivis des streptocoques fécaux et enfin des coliformes fécaux. Cependant, d'un point de vue spatiale, nous avons pu constater une forte concentration de la flore microbienne au niveau de la commune de Skikda, suivie

de la commune de Stora et de Ben Mhidi par ordre décroissant. Ceci trouverait probablement son explication dans la concentration des points de rejets dans la zone.

Des concentrations faibles en germes (inférieures aux valeurs guides) sont enregistrées pour toutes les stations considérées au niveau des communes de Filfila et de Ain Zouit, indiquant ainsi que les eaux marines de ces zones sont de bonne qualité bactériologique. Ces concentrations sont conformes à celle obtenues pour les mêmes zones au cours de suivis ultérieurs (HAMIDI, 1997).

Pour la commune de Ben Mhidi, les concentrations observées étant en deçà de la valeur guide (500 CT/100ml) pour les sites 6, 10 et 11. Ce qui est en conformité avec les résultats obtenus antérieurement (HAMIDI, 1997).

Au niveau du site 7 (PL. Ben Mhidi Poste4), les concentrations observées étant comprises entre la valeur guide et la valeur limite durant la saison estivale nécessitent une surveillance continue, d'autant plus qu'au mois de juillet on a pu observer une concentration dépassant la valeur limite. De même pour le site 9 (PL. Ben Mhidi poste2) les concentrations observées sont comprises entre la valeur guide et la valeur limite, et ce à partir du mois de mars et s'étalent jusqu'à octobre. Ces concentrations sont proportionnelles à l'élévation de la température.

Au niveau du site 8 (PL. Ben Mhidi poste 3), une surveillance continue s'impose du fait que les concentrations observées sont assez variables tout en étant comprises entre la valeur guide et la valeur limite avec un pic en juillet dont la concentration dépasse la valeur limite.

Au niveau de la commune de Skikda, les concentrations assez élevées observées pour le site 14 (Rejet GL1/K) nous indiquent que ce rejet est un apport potentiel en flore microbienne. Ce qui nécessite un suivi continue et vigilant. De même pour l'Oued Safsaf (site 16) et le point chaud (site 17) où l'on observe d'assez fortes concentrations pour devoir mettre en place une surveillance continue, d'autant plus que le site 16 est en contact direct avec les eaux littorales.

Pour les sites 12, 19 et 20, des concentrations relativement élevées sont observées en saison estivale s'expliquant par l'élévation de la température.

Au niveau de la Commune de Stora, les concentrations moyennes enregistrées sont au-delà de la limite supérieure indiquant un rejet significatif d'égout.

L'analyse des concentrations en coliformes fécaux laisse apparaître que les valeurs les plus élevées et celles dépassant la valeur limite sont enregistrées dans la commune de Skikda au niveau des sites 16 et 17. Ce qui nous confirme que la qualité bactériologique de ces 2 sites est mauvaise, nécessitant ainsi une surveillance et un suivi des plus vigilants. Cependant, il faut noter que les valeurs les plus élevées sont enregistrées en octobre, ce qui pourrait être expliqué par l'effet des précipitations importantes enregistrées durant ce mois. En effet, les travaux de MERABTINE (1998) montre qu'une prédominance des germes fécaux est marquée en période estivale avec des maxima en automne.

Une surveillance continue doit être également mise en place pour les sites 8 et 21, du fait que les valeurs moyennes observées sont comprises entre la valeur guide et la valeur

limite. Ce qui, dans ce cas aussi nous permet de constater une présence d'un rejet significatif d'égout.

L'analyse des résultats obtenus pour les streptocoques fécaux nous a permis de mettre en évidence que les eaux superficielles de la commune de Filfila et de Ain Zouit sont de bonne qualité bactériologique. Confirmant ainsi les résultats obtenus pour les coliformes totaux et fécaux.

Pour les sites 16, 17, 13 et 14 une surveillance est plus que nécessaire du fait du dépassement de la valeur guide quasiment tout au long de la période de l'étude. Indiquant des rejets significatifs d'égouts. En effet, le site 16 (Oued Safsaf) draine les eaux usées domestiques de diverses agglomérations et le site 17 (point chaud) étant le premier récepteur des eaux de l'oued Safsaf est par conséquent caractérisé par une charge bactérienne assez élevée.

Le site 13 (Rejet CP1/K) et 14 (Rejet GL1/K) sont caractérisés par une charge bactérienne élevée du fait que ces deux rejets (industriels) drainent les eaux usées domestiques en même temps que les eaux résiduaires industrielles à travers le canal de rejet.

Le site 21 également nécessite une surveillance continue du fait du dépassement permanent de la valeur guide par les concentrations enregistrées. Ce site étant récepteur de rejets urbains, ces concentrations élevées sont donc expliquées.

Pour le site 22 et 23, le pic enregistré en juillet dépassant la valeur limite peut être expliqué par un rejet ponctuel et ce, notamment par la présence intensifiée des estivants en cette période de l'année et ceci confirme les travaux de MERABTINE (1998).

Avec une valeur moyenne de 7.48, l'indice de Bourgeois (1980) est supérieur à 1 au niveau de la commune de Skikda indiquant ainsi que la contamination bactérienne est principalement d'origine humaine. En effet, cette commune reçoit divers rejets urbains de la ville sans aucun traitement. En fait, les valeurs réelles de l'indice de Bourgeois ne dépassent la valeur guide (1) qu'au niveau des sites 16 et 17, où la charge bactérienne est assez élevée, étant ainsi d'origine humaine principalement, ce qui trouverait son explication dans le fait que ces deux sites sont récepteurs d'eaux résiduaires de diverses agglomérations, sinon la plupart. Tout en sachant que ces eaux usées sont rejetées sans aucun traitement préalable. L'origine de la contamination au niveau des autres communes est animale s'expliquant par la spécificité des activités à vocation agricoles en la plus part de ces régions.

L'analyse des résultats obtenus lors du suivi de l'évolution spatio-temporelle des hydrocarbures totaux nous a permis de mettre en évidence une nette conformité avec les normes en vigueur, notamment pour les 2 rejets industriels du GL1/K et du CP1/K. Cependant, le site 12 (Rejet RA/1K) caractérisé par des concentrations élevées dépassant la valeur limite est non conformes à la réglementation en vigueur, notamment le décret exécutif n° 93-160 fixant la teneur limite en hydrocarbures totaux à 20mg/l, exception faite pour le mois de juillet qui est expliquée par l'arrêt annuel de l'usine de raffinage en ce mois et donc l'absence de rejets potentiels.

Tous les autres sites sont conformes aux normes, bien qu'au niveau du site de référence (S1) un pic est marqué au mois de juillet pouvant trouver son explication dans d'éventuels rejets occasionnés par le transport maritime caractérisé par son intensité en cette période de l'année, mais cette valeur demeure en dessous de la valeur limite.

L'absence de dépassement au niveau des ports de Skikda indique une vigilance certaine de l'autorité portuaire.

Ceci étant les concentrations obtenues sont conformes à celles enregistrées par le LEM (1998) comme il apparaît à travers le tableau 14.

Tableau. 14 : Comparaison des résultats obtenus pour les hydrocarbures avec ceux de différents auteurs.

Ports de Skikda	Hydrocarbures totaux (mg/l)	Références
Ancien port	1.48	LEM (1998)
Port de pêche	3.91	
Nouveau port	33.35	ROUIDI (2002)
Ancien port	1.74	GUEDDAH (2003)
Port de pêche	2.07	
Nouveau port	1.82	
Norme algérienne	20	J.O. N° 46 (Juillet, 1993)

L'étude comparative du tableau ci-dessus nous permet de constater que les concentrations observées au cours de notre étude sont comparables à celles observées par le LEM (1998). Cependant, pour le nouveau port de Skikda, les valeurs enregistrées sont largement inférieures à celle observées par ROUIDI (2002) et ceci pourrait probablement être expliqué par le fait que l'Entreprise Portuaire de Skikda a pu mettre en œuvre des mesures de prévention très stricte tout en appliquant des mesures répressives.

Par ailleurs, en février 2003, les vents qui ont soufflé du secteur Nord-Ouest lors du naufrage du « Cougar » au large de Tipasa ont drainé les 250T de fioul et les 400 L d'huiles à moteur du navire vers les côtes algéroises. Celles-ci n'ont pas tardé à se manifester du coté des plages de Palm Beach et Azur.

Le spectre d'une catastrophe écologique a menacé les côtes de Skikda suite à l'échouage de 3 pétroliers dont 2 (Alliance Spirit et Valbruna) sont restés ensablés plus de 15 jours à moins de 400m du rivage. Avec 1500T de fioul, 85T de gasoil et 61890L de lubrifiants, l'Alliance Spirit a suscité une grande crainte, d'autant plus qu'une fissure de 15 m est apparue.

Une catastrophe telle que celle du prestige (2002) aurait eu des conséquences dramatiques si elle s'était produite dans une mer fermée tel que la Méditerranée. Et pourtant, s'ajoutant à des catastrophes écologiques et économiques d'une telle ampleur, les pollutions volontaires par hydrocarbures, appelées communément dégazage, représentent également un volume inquiétant.

La pollution volontaire par rejet d'huiles de vidange et résidus de fioul ou « Sludges » en Méditerranée est comprise entre 0.7 et 1.5 millions de tonnes chaque année, soit une moyenne de 1 million de tonnes (WWF ; 2000) , ce qui représente l'équivalent de :

- 1 naufrage de l'Erika/ Semaine
- 280 rejets illicites/ Jour de 10T en moyenne, soit 2800T/Jour
- 100 000 rejets par an

Selon NOEMIE *et al.* (2003), 15% du pétrole brut s'évapore dans l'atmosphère, 16% se dispose dans l'eau, 22% est bio-dégradé, 3% s'agglomère en haute mer, 15% s'échoue sur les côtes et 28% non dégradé pénètre dans le sédiment.

La dégradation des « Sludges » est quant à elle bien moins connue mais les composants des huiles de synthèses se dégradent beaucoup plus lentement dans le milieu naturel, s'accumulent au long des chaînes alimentaires et contiennent des contaminants de type Dioxine ou métaux lourds aux effets très néfastes sur la vie marine.

La présence du Cd dans le site 15 (ancien port) avec une concentration l'introduisant dans la classe 2 (normes hollandaises) nous permet de constater qu'à ce niveau le sédiment est pollué indiquant ainsi une source de pollution.

Pour le chrome, les teneurs enregistrées indiquent l'appartenance du sédiment à la classe 1 ce qui nous confirme que le sédiment est naturel et non pollué par le chrome.

Une contamination par le cuivre est constatée au niveau des sites 17, 18 et 21 indiquant que le sédiment est pollué par ce métal.

Une forte contamination en mercure est enregistrée au niveau du site 15 (nouveau port) indiquant que le sédiment à ce niveau est très pollué par le mercure. Tout en étant non conforme aux normes algériennes. Pour les sites 18 et 21, une pollution par le mercure est également enregistrée. Des concentrations aussi élevées ont été mises en évidence lors de diverses études (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les concentrations en plomb enregistrées au niveau du site 18 et 21 indiquent un sédiment pollué en plomb. Ce qui est en conformité avec les études antérieures (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les concentrations en zinc observées indiquent que le sédiment du site 18 est pollué ce qui est en conformité avec d'autres études (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les valeurs du nickel enregistrées indiquent que le sédiment est naturel et non pollué. Alors que pour le fer des valeurs très élevées sont enregistrées notamment au niveau du site 18 ne présentant pas forcément une pollution. Ce qui est également en conformité avec d'autres études (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les sites les plus pollués par les métaux lourds sont les trois ports de Skikda et l'indice de contamination pour le cuivre, le zinc et le manganèse indique une absence de pollution par ces métaux (selon les normes françaises).

Le tableau 15 nous permet d'établir une comparaison entre les résultats obtenus au cours de notre étude au niveau des ports de Skikda avec ceux de divers ports algériens, il en ressort que pour le mercure, la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau du Nouveau port de Skikda (Présente étude) et la valeur minimum au niveau de l'ancien port de Skikda. Ces résultats étant en conformité avec les résultats obtenus pour le même port par le LEM (1998).

Pour le chrome, les résultats obtenus sont comparables à ceux du LEM (1998) et sont inférieurs aux normes hollandaises et recommandations algériennes comparés aux résultats obtenus par GHARSALLAH (2002) pour le port d'Annaba qui sont largement en

dépassement. Idem pour le cuivre où tous les résultats sont comparables à l'exception de ceux de HARITI *et al* (2000) qui sont caractérisés par des valeurs relativement élevées et supérieures aux normes hollandaises et de ceux de GHARSALLAH (2002) qui sont également élevées et dépassant largement les normes hollandaises et recommandations algériennes.

Nous pouvons constater que la concentration du plomb a augmenté au niveau de l'ancien port et du port de pêche de Skikda comparés aux concentrations observées par le LEM (1998) ce qui confirme la présence d'une source potentielle. Ces valeurs restent inférieures aux recommandations algériennes, cependant, elles dépassent largement les normes hollandaises. De même pour le zinc, nous constatons une augmentation des concentrations et tout en étant inférieurs aux recommandations algériennes, celles observées pour l'ancien port de Skikda sont en dépassement des normes hollandaises. Ceci étant, les valeurs observées au port de Annaba par HARITI *et al* (2000) et GHARSALLAH (2002) restent largement supérieures à celles observées aux ports de Skikda. Nous marquons également un léger dépassement (des normes hollandaises) de la concentration du zinc observée au port de Mostaganem.

Pour le manganèse, les résultats obtenus au niveau des différents ports sont comparables à l'exception de ceux du port de pêche de Skikda où la concentration est bien inférieure comparée aux autres ports. Pour le nickel, n'ayant pas de résultats qui puissent nous permettre d'établir une comparaison, nous ne pouvons que constater que les valeurs observées restent inférieures aux recommandations algériennes.

Pour le fer, il nous est donné de constater que les concentrations observées aux ports de Skikda sont considérablement élevées comparées à celles observées par GHARSALLA (2002) pour le port de Annaba.

Tableau. 15 : Comparaison des résultats obtenus pour les métaux lourds avec ceux de divers ports algériens.

Métaux (mg/kg)	Hg	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	Mn	Ni	Fe	Références
Ports										
Skikda (Ancien port)	0.92	67.89	59.64	118.73	166.51	<10	-	-	-	LEM (1998)
Skikda (Port de pêche)	1.23	48.31	40.62	125.59	73.51	<10	-	-	-	
Mostaganem	-	-	47.66	-	142.96	-	219.43	-	-	HARITI <i>et al</i> (2000)
Annaba	-	-	116.77	-	427.60	-	279.38	-	-	
Annaba	-	295.00	208.00	-	401.00	-	203,78	-	1548.0	GHARSALLAH (2002)
Skikda (Ancien port)	0.91	63.47	58.66	129.60	175.87	0	260.50	40	16846.5	GUEDDAH (2003)
Skikda (Nouveau port)	2.01	44.25	18.00	36.50	62.25	1.5	236.50	38	16457.5	
Skikda (Port de pêche)	1.07	38.33	45.00	145.00	85.00	0	115.00	35	14935.5	
Normes hollandaises (Limite A)	0.3	100	36	85	140	0.8	-	-	-	DONZE (1990) et DAVIS <i>et al</i> (1990)
Recommandations algériennes	1.5	250	150	250	500	3	-	75	-	Ministère Délégué à la Recherche, à la Technologie et à l'Environnement (1991)

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

L'évaluation de la pollution de la zone côtière de la région de Skikda ; à l'aide de prélèvements spatio-temporels d'échantillons d'eau et de sédiment marins ; notamment, par l'analyse bactériologique (Coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux), physico-chimique (T°C, pH, conductivité..), et organique (hydrocarbures totaux) des eaux marines superficielles ainsi que l'analyse des teneurs en métaux lourds du sédiment superficiel nous a permis d'établir un diagnostic préliminaire de l'état de santé de l'écosystème côtier.

Les résultats d'analyses obtenus, ont mis en évidence des concentrations élevées de polluants, notamment pour la commune de Skikda dépassant de loin les valeurs limites fixées par la réglementation en vigueur (algérienne) ainsi qu'une non-conformité avec cette même réglementation pour certains effluents urbains et industriels (site 21, 12 et 14). Des zones vierges dépourvues de toute pollution ont également été mises en évidence. En effet les eaux superficielles du littoral de la commune de Filfila et de Ain Zouit étant loin de toute source de pollution sont des zones que l'on devrait préserver dans le cadre du développement durable. Ceci étant, le naufrage de trois pétroliers sur la région de Skikda en février 2003, repose en des termes alarmants la protection du littoral, notamment ces zones vierges, contre des catastrophes maritimes majeures.

La mise en œuvre de politique de l'environnement ne peut plus désormais s'accommoder des schémas traditionnels antérieurs, elle requiert des mesures innovantes à la hauteur des enjeux et un suivi en permanence. En effet, la protection efficace de l'environnement marin implique une mise en œuvre d'un concept de continuum de sécurité et ce par la prise en compte des 3 domaines interdépendants : prévention, préparation et intervention. Le concept même de développement durable implique 5 dimensions de durabilité : la dimension économique, sociale, écologique, culturelle et politique.

De ce fait, il est impératif de promouvoir la gestion intégrée et durable de tout le littoral et de renforcer les mécanismes de participation de la société civile.

Néanmoins, il est clair que des analyses partielles et irrégulières ne présentent souvent pas la précision et la rigueur indispensable. Pour cela il faudrait mettre en œuvre une politique de sécurité et de protection de l'environnement notamment par ;

- Création de laboratoires spécialisés
- Définition des responsabilités et autorités
- Du personnel qualifié, communicatif, informatif et motivé
- Mise en place d'un système de révision/évaluation
- Mise en œuvre d'actions correctives
- Formation qualitative et adéquate ainsi qu'une remise à niveau continue du personnel
- Moyens matériels appropriés
- Télédétection
- Création de zones écologiques protégées (ZPE)
- Maîtrise de l'information et des données environnementales
- Harmonisation et uniformisation des données et de l'information environnementale

- Création d'une banque de données environnementales
- Réalisation d'un réseau d'information et de documentation
- Institutionnalisation du rapport annuel sur l'état de l'environnement en Algérie, dont l'élaboration se fera en collaboration avec l'Université, afin d'actualiser en permanence les diverses méthodes d'analyses selon un point de vue scientifique et technique.
- Création de STEP pour d'une part minimiser les risques d'épidémies tel que la typhoïde qui est apparue à Skikda au cours de l'été 2002 et d'autre part, pour mieux fixer le (s) foyer (s) de ces mêmes épidémies.
- Sensibilisation et éveil de la conscience environnementale

Ceci étant, il faudra toujours se rappeler qu'à la mer, il faut

- de 1 à 5 ans pour éliminer un mégot de cigarette ;
- 2 ans pour une peau de banane ;
- de 10 à 20 ans pour un objet en plastique ;
- de 30 à 40 ans pour du nylon ;
- 50 ans pour le fer blanc ;
- de 80 à 120 ans pour de l'aluminium
- et 1000 ans pour du verre.

ANNEXES

ANNEXE. 1
Tableau. 1 : Table de Mac- Crady.

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limite de confiance à 95%	
3 tubes de 10 ml chacun	3 tubes de 1 ml chacun	3 tubes de 0.1 ml chacun		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	0	< 3		
0	0	1	3	< 0.5	9
0	1	0	3	< 0.5	13
1	0	0	4	< 0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	>2400		

Tableau.2. : Récapitulatif des différents paramètres dosés au niveau de chaque site considéré.

Commune	Site	N°	P. Physico-chimiques	P. Bactériologiques	Hydrocarbures totaux	Métaux lourds
FILFILA	P8	S2		X		
	P7	S3		X		
	P6	S4		X		
	P entre 5&6	S5		X		
BEN MHIDI	P5	S6		X		
	P4	S7		X		
	P3	S8		X		
	P2	S9		X		
	P1	S10		X		X
	C de toile	S11		X		
SKIKDA	P. Ref	S1	X	X	X	
	R. RA1/K	S12	X	X	X	
	R. C1P/K	S13	X	X	X	
	R. GL1/K	S14	X	X	X	
	N. Port	S15	X	X	X	X
	E.O. Safsaf	S16	X	X	X	X
	P. Chaud	S17	X	X	X	X
	A. Port	S18	X	X	X	X
	Pl. Marquette	S19	X	X		
	Pl.Militaire	S20	X	X		
STORA	P. Pêche	S21	X	X	X	X
	Pl. Molo	S22	X	X		
	Pl. Miramare	S23	X	X		X
AIN ZOUIT	R.F.C.T. G.PI	S24		X		
	R.F.L.A.G.PI	S25		X		
Totale			13	25	9	7

Tableau.3 : Paramètres considérés pour l'évaluation de la pollution industrielle et urbaine de la région de Skikda.

Paramètres	P. Physico-chimiques	P. Bactériologiques	Hydrocarbures	Métaux lourds
	Température	Coliformes totaux	Hydrocarbures totaux	Cadmium
	Salinité			Chrome
	pH			Cuivre
	Conductivité	Coliformes fécaux		Mercure
	Potentiel REDOX			Plomb
	Nitrites			Zinc
	Nitrates	Streptocoques fécaux		Nickel
		Fer		
		Manganèse		
TOT	07	03	01	09

ANNEXE. 2

Tableau. 1 : concentrations de référence pour le calcul de l'IC selon les normes françaises.

Paramètre	Cu	Mn	Zn
Valeur en mg/kg	26	400	88

Tableau. 2 : Variation mensuelle de la température (°C) de l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

	S 1	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
Janv	27,65	26,00	26,30	26,60	26,60	27,75	27,75	24,50	25,40	27,00	26,00	27,00	26,10
Févr	27,75	27,10	26,99	27,00	27,70	27,99	28,80	25,60	26,50	27,80	27,40	27,55	27,50
Mars	27,90	27,99	27,70	27,80	28,10	28,25	29,00	29,00	27,00	27,90	27,80	28,50	28,10
Avrl	23,59	27,80	27,00	27,60	27,50	26,85	28,40	28,90	25,00	22,10	23,00	28,00	27,80
Mai	23,60	28,01	27,37	27,80	27,63	26,90	31,73	29,07	21,01	22,20	23,03	29,05	28,17
Jui	27,60	27,87	27,65	27,90	27,10	28,51	28,09	26,05	26,57	26,94	26,06	28,63	26,77
Juill	27,80	28,15	28,20	28,10	28,15	26,55	27,30	27,35	26,80	26,47	27,50	27,17	27,23
Aout	27,90	27,60	27,10	27,70	28,35	28,65	29,20	28,15	28,10	28,10	28,50	28,20	28,20
Sept	26,00	24,80	24,60	25,00	26,68	27,05	26,20	24,25	27,10	27,10	24,75	27,16	27,38
Oct	27,40	26,90	27,01	27,00	27,05	28,67	28,40	27,05	26,23	26,30	26,40	26,33	26,50
Moyenne	26,72	27,22	26,99	27,25	27,49	27,72	28,49	26,99	25,97	26,19	26,04	27,76	27,38

Tableau. 3 : Variation mensuelle du pH de l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

	S 1	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
Janv	7,70	8,00	9,50	8,10	8,07	8,10	8,00	8,30	8,00	8,07	8,20	7,98	7,99
Fev	8,07	8,40	8,90	8,19	8,04	8,32	7,90	8,00	8,10	8,08	7,95	7,98	8,26
Mars	8,00	8,56	8,70	8,20	8,01	7,92	8,00	8,00	8,09	8,09	8,00	8,12	8,07
Avr	7,93	8,32	9,09	8,17	8,05	8,10	7,98	8,07	8,20	8,06	8,04	8,01	8,11
Mai	7,90	8,17	9,02	8,15	8,04	7,93	7,95	7,55	8,06	8,03	7,75	8,01	7,97
Juin	7,85	8,25	9,40	8,16	8,08	8,06	8,06	8,02	8,06	8,08	8,14	8,08	8,06
Juill	7,94	8,30	8,64	8,13	8,03	8,44	7,82	8,01	8,09	8,05	8,05	8,09	8,37
Aout	7,81	8,40	9,80	8,19	8,08	8,33	8,08	8,64	8,16	8,08	8,38	7,90	8,00
Sept	8,07	8,25	8,96	8,20	8,05	7,91	7,91	8,28	8,13	8,09	7,96	7,97	8,27
Oct	8,00	8,56	8,54	8,21	8,02	7,93	8,05	8,01	8,10	8,10	8,00	8,11	8,05
Moyenne	7,93	8,32	9,06	8,17	8,05	8,10	7,98	8,09	8,10	8,07	8,05	8,03	8,12

Tableau. 4 : Variation mensuelle de la salinité(%) de l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

	S 1	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
Janv	39,95	38,00	39,10	38,50	40,00	39,50	37,85	42,00	38,40	37,50	39,98	39,05	39,99
Fev	40,80	38,70	40,50	39,50	40,50	39,80	38,85	42,80	39,40	38,75	40,50	40,90	41,10
Mars	41,94	38,40	41,00	41,00	41,00	40,00	39,85	43,00	41,95	41,85	42,35	41,00	41,25
Avr	40,75	39,00	41,00	40,50	41,00	40,50	38,70	42,85	39,95	38,65	40,50	40,00	40,40
Mai	40,00	38,75	39,67	40,25	40,75	40,00	37,00	43,50	39,39	37,77	40,35	39,73	40,30
Juin	40,75	38,50	39,45	40,00	40,08	39,50	37,80	43,45	38,50	37,53	40,75	39,07	40,00
Juill	40,90	39,00	39,90	40,50	40,85	39,00	38,00	43,15	40,28	38,00	40,75	40,53	40,60
Aout	41,00	38,00	39,00	39,50	41,09	39,00	40,00	41,00	39,66	40,00	40,00	40,00	40,00
Sept	40,00	39,00	41,00	41,00	42,07	40,50	38,00	41,95	39,66	40,00	40,50	40,00	41,00
Oct	42,50	38,00	43,30	38,00	43,05	41,63	42,20	42,95	42,00	41,90	42,55	42,10	42,10
Moyenne	40,86	38,54	40,39	39,88	41,04	39,94	38,83	42,67	39,92	39,20	40,82	40,24	40,67

Tableau. 5 : Variation mensuelle de l'oxygène dissous (%) de l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

	S 1	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
Janv	41,50	70,55	43,65	51,00	42,00	43,70	51,80	49,00	59,85	70,00	49,50	60,50	60,00
Fev	40,25	70,50	42,70	46,25	41,00	43,00	47,75	47,90	57,00	69,00	48,20	59,50	57,20
Mars	39,15	70,40	41,65	43,80	40,10	42,00	44,75	46,00	56,00	68,00	47,20	58,00	54,00
Avr	25,00	69,95	34,29	33,69	39,80	40,00	34,40	42,00	52,00	65,10	45,00	55,50	52,50
Mai	25,50	71,00	34,30	33,70	50,80	44,13	34,56	45,20	99,04	95,27	54,81	101,96	81,50
Juin	27,00	70,40	38,60	40,35	39,30	51,50	47,70	61,09	43,86	76,63	65,28	65,83	48,43
Juill	26,50	71,10	29,60	27,50	24,50	35,88	23,50	22,45	38,17	31,17	29,50	31,17	28,50
Aout	46,83	69,95	47,00	53,50	27,49	40,50	47,70	58,00	46,00	69,87	58,00	28,25	57,23
Sept	45,00	67,00	45,00	51,00	43,24	36,50	53,60	33,00	46,00	70,83	33,75	60,00	58,94
Oct	48,00	72,90	49,00	56,00	59,00	44,50	60,93	57,50	64,33	64,33	43,50	63,00	60,83
Moyenne	36,47	70,38	40,58	43,68	40,72	42,17	44,67	46,21	56,23	68,02	47,47	58,37	55,91

Tableau. 6 : Variation mensuelle de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) de l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

	S 1	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
Janv	21,30	24,35	25,50	23,99	26,00	24,00	25,80	22,80	24,20	26,20	24,80	23,80	26,00
Fev	21,50	24,80	26,40	24,90	26,40	25,00	26,60	23,50	25,60	26,80	25,90	24,30	26,30
Mars	22,00	24,83	26,60	25,90	26,60	26,00	27,50	23,80	27,50	27,60	26,99	25,30	27,40
Avr	22,00	24,85	27,60	26,70	27,80	29,40	30,60	24,60	29,50	28,80	26,60	25,80	28,40
Mai	21,00	23,93	34,30	23,70	25,95	21,50	25,80	25,00	24,13	24,60	26,25	24,66	25,07
Juin	21,50	24,85	24,30	25,40	25,51	24,10	26,15	24,00	21,17	28,37	24,20	13,97	21,60
Juill	22,50	23,00	24,00	22,00	26,49	24,30	24,20	22,50	27,10	24,50	22,50	18,20	18,20
Août	22,00	26,70	24,60	28,80	26,68	27,50	28,10	28,75	27,03	27,63	28,55	34,20	34,20
Sept	21,00	24,85	27,70	27,00	27,59	28,70	29,30	19,75	29,26	30,17	32,95	34,20	34,20
Oct	22,13	24,85	24,30	25,40	27,98	30,42	32,25	22,03	31,43	28,90	22,03	23,50	28,85
Moyenne	21,69	24,70	26,53	25,38	26,70	26,09	27,63	23,67	26,69	27,36	26,08	24,79	27,02

Tableau. 7 : Variation mensuelle du potentiel REDOX (mv) de l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

	S 1	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23
Janv	-73,00	-160,00	-115,99	-88,00	-77,10	-70,50	-73,00	-86,99	-84,50	-81,00	-87,00	-85,00	-84,00
Fev	-74,50	-165,00	-120,00	-99,50	-78,20	-80,50	-73,00	-89,30	-85,20	-82,00	-87,70	-86,15	-85,00
Mars	-75,60	-169,70	-140,00	-110,00	-79,00	-100,00	-74,00	-120,00	-86,00	-84,10	-88,00	-98,00	-87,00
Avr	-76,20	-172,00	-120,00	-100,50	-78,00	-90,50	-73,00	-81,40	-79,99	-80,00	-85,00	-83,00	-82,00
Mai	-75,00	-171,00	-110,00	-85,00	-77,00	-74,25	-70,00	-81,50	-80,00	-85,00	-87,00	-84,00	-83,33
Juin	-76,00	-170,00	-140,00	-87,00	-76,00	-78,00	-72,00	-72,00	-85,00	-80,66	-72,00	-86,33	-86,00
Juill	-77,00	-173,00	-80,00	-83,00	-79,50	-73,00	-72,00	-78,50	-84,00	-80,00	-80,50	-82,00	-80,66
Aout	-76,00	-170,00	-225,00	-148,00	-79,50	-98,50	-73,00	-138,00	-86,00	-81,33	-88,00	-91,00	-91,00
Sept	-72,00	-152,00	-84,00	-105,00	-78,50	-116,00	-73,00	-119,00	-86,00	-81,66	-117,00	-102,66	-85,66
Oct	-73,00	-164,00	-105,00	-89,00	-78,00	-72,50	-79,50	-77,50	-82,66	-82,00	-77,00	-82,33	-80,33
Moyenne	-74,83	-166,67	-124,00	-99,50	-78,08	-85,38	-73,25	-94,42	-83,94	-81,78	-86,92	-88,05	-84,50

Tableau. 8 : Evolution spatio-temporelle des coliformes totaux dans l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

Sites	N°	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Moyenne
FILFILA	S2	9	39	460	11	0	9	15	43	15	43	64,40
	S3	7	43	240	9	0	4	21	28	21	240	61,30
	S4	21	75	93	4	0	3	7	0	3	210	41,60
	S5	9	39	120	28	0	4	4	0	4	28	23,60
Ben MHIDI	S6	240	240	43	39	43	43	2400	460	21	28	355,70
	S7	460	460	460	43	460	1100	24000	2400	2400	240	3202,30
	S8	210	210	1100	43	460	1100	2400000	460	460	460	240450,30
	S9	240	460	1100	4600	1100	0	2400	1100	1100	1100	1320,00
	S10	240	240	43	43	23	7	7	9	4	7	62,30
	S11	460	240	28	28	20	7	7	15	20	21	84,60
SKIKDA	S1	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0,60
	S12	0	0	0	39	43	240	1100	1100	2400	2400	732,20
	S13	0	4	3	7	3	3	0	0	0	0	2,00
	S14	1100	2400	240000	2400	240000	2400	24000	240000	240000	2400	99470,00
	S15	20	21	23	39	43	0	43	0	0	0	18,90
	S16	28	1100	2400	2400	2400	460	28	9	28	2400000	240885,30
	S17	150	1100	110000	2400	1100	93	43	21	21	2400000	251492,80
	S18	20	20	20	21	28	0	28	0	0	0	13,70
	S19	240	240	28	0	460	0	2400	14	2400	1100	688,20
	S20	93	93	3	3	75	4	2400	21	460	2400	555,20
STORA	S21	1100	110000	2400	24000	240000	240000	240000	240	240	240000	109798,00
	S22	240	93	1400	3	0	4	240000	23	240000	150	48191,30
	S23	0	11	3	0	0	0	240000	4	23	150	24019,10
Ain ZOUIT	S24	0	28	0	3	0	0	3	0	0	3	3,70
	S25	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1,10
V. Guide	500											
V. Limite	10000											

Tableau. 9 : Evolution spatio-temporelle des coliformes fécaux dans l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

Sites	N°	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Moyenne
FILFILA	S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	S3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0,60
	S4	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0,60
	S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
BEN MHIDI	S6	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0,40
	S7	0	0	0	0	0	0	150	460	150	28	78,80
	S8	0	0	0	0	0	0	11000	0	0	0	1100,00
	S9	0	0	0	28	15	0	0	0	0	0	4,30
	S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
SKIKDA	S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	S12	0	0	0	0	11	3	4	11	4	14	4,70
	S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	S14	43	64	75	64	75	64	93	93	93	64	72,80
	S15	15	21	23	14	15	0	0	0	0	0	8,80
	S16	28	210	240	460	460	3	28	0	14	110000	11144,30
	S17	210	210	240	210	240	240	43	21	3	110000	11141,70
	S18	9	14	15	15	20	0	0	0	0	0	7,30
	S19	0	0	0	0	0	0	28	0	14	11	5,30
	S20	0	0	0	0	0	0	0	21	460	240	72,10
STORA	S21	210	93	150	28	120	150	210	460	240	210	187,10
	S22	0	0	0	0	0	0	11	0	210	93	31,40
	S23	0	0	0	0	0	0	3	4	0	4	1,10
AIN ZOUIT	S24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	S25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
V. Guide							100					
V. Limite							2000					

Tableau. 10 : Evolution spatio-temporelle des streptocoques fécaux dans l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

Sites	N°	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Moyenne
FILFILA	S2	0	0	0	0	0	0	7	20	21	21	6,90
	S3	0	0	0	0	0	0	0	3	23	43	6,90
	S4	0	0	0	0	0	0	0	0	7	43	5,00
	S5	0	0	7	0	0	0	7	3	7	21	4,50
BEN MHIDI	S6	0	0	0	0	4	9	150	20	21	28	23,20
	S7	28	28	20	0	15	28	24000	4600	460	460	2963,90
	S8	0	0	11	0	120	240	2400000	2400	1100	240	240411,10
	S9	7	4	28	75	39	0	240	2400	1100	43	393,60
	S10	4	7	4	0	0	0	11	7	3	9	4,50
	S11	4	4	0	0	0	0	0	21	20	15	6,40
SIIKDA	S1	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	2,30
	S12	3	11	14	14	11	150	240	210	210	240	110,30
	S13	9	150	240	240	460	240	0	150	210	150	184,90
	S14	150	210	210	210	240	1100	460	240	460	1100	438,00
	S15	0	0	39	0	0	0	0	93	0	0	13,20
	S16	93	150	150	120	120	28	0	0	75	2400	313,60
	S17	3	150	150	64	75	0	0	93	9	2400	294,40
	S18	0	0	3	0	0	0	0	240	0	0	24,30
	S19	43	43	0	3	39	0	2400	240	2400	39	520,70
	S20	11	11	0	3	3	0	2400	21	210	28	268,70
STORA	S21	1100	1100	2400	2400	240000	240000	240000	240	150	460	72785,00
	S22	11	28	7	0	0	0	240000	4	120	23	24019,30
	S23	0	0	0	0	0	0	240000	2400	0	15	24241,50
AIN ZOUIT	S24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	S25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
V. Guide							100					

Tableau. 11 : Evolution spatio-temporelle des hydrocarbures totaux dans l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

Sites		Hydrocarbures Totaux (mg/l)					
Nomenclature	N°	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Point de référence	S1	4,58	1,40	12,59	2,17	2,95	1,40
Rejet RA1/K	S12	35,06	32,98	13,60	24,68	35,76	57,91
Rejet CP1/K	S13	1,83	2,56	2,18	1,29	1,40	1,17
Rejet GL1/K	S14	1,81	1,81	1,86	1,79	1,24	2,33
Nouveau port	S15	1,85	1,09	2,95	1,68	1,17	2,18
Oued Safsaf	S16	1,14	1,86	0,85	0,93	0,62	1,24
Point chaud	S17	1,38	1,55	1,40	1,29	1,17	1,40
Ancien port	S18	1,65	1,17	1,09	2,18	1,48	2,87
Port de pêche	S21	2,18	2,95	2,72	1,51	1,17	1,86
Valeur Limite		20 mg/l					

Tableau. 12 : Evolution spatiale des métaux lourds dans l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2002)

Sites	Zn	Cu	Mn	Ni	Cr	Pb	Cd	Fe	Hg
S10	0	0	0	0	0	0	0	2,04	0,01
S15	62,25	18	236,5	38	44,25	36,5	1,5	16457,5	2,01
S16	1,05	0	3,55	0	0	0	0	3,52	0
S17	60,5	38,33	62,15	15	53,86	83,05	0	0,37	0
S18	175,87	58,66	260,5	40	63,47	129,6	0	16846,5	0,91
S21	85	45	115	35	38,33	145	0	14935,5	1,07
S23	0	0	1,03	0	0	0	0	5,33	0

Tableau. 13 : Résultats du calcul de l'indice de BOURGEOIS (Skikda / 2002)

Sites		N°	IB
FILFILA	P8	S2	0,00
	P7	S3	0,09
	P6	S4	0,12
	P entre 5&6	S5	0,00
MOYENNE			0,05
BEN MHIDI	P5	S6	0,02
	P4	S7	0,03
	P3	S8	0,00
	P2	S9	0,01
	P1	S10	0,00
	C de toile	S11	0,00
MOYENNE			0,01
SKIKDA	P. Ref	S1	0,00
	R. RA1/K	S12	0,04
	R. C1P/K	S13	0,00
	R. GL1/K	S14	0,17
	N. Port	S15	0,67
	E.O. Safsaf	S16	35,54
	P. Chaud	S17	37,85
	A. Port	S18	0,30
	Pl. Marquette	S19	0,01
Pl.Militaire	S20	0,27	
MOYENNE			7,48
STORA	P. Pêche	S21	0,00
	Pl. Mollo	S22	0,00
	Pl. Miramare	S23	0,00
MOYENNE			0,00
AIN ZOUIT	R.F.C.T. G.PI	S24	0,00
	R.F.L.A.G.PI	S25	0,00
MOYENNE			0,00

ANNEXE. 3**Tableau. 1 :** Valeurs maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles (Extrait du décret exécutif N° 93-160 du 10/07/1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels – J.O : n° 46).

Paramètres	Unités	Valeurs maximales
Température	°C	30
pH	-	5.5 à 8.5
M.E.S	mg/l	30
DBO₅	mg/l	40
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldhal	mg/l	40
Phosphates	mg/l	02
Cyanures	mg/l	0.1
Aluminium	mg/l	5
Cadmium	mg/l	0.2
Chrome 3⁺	mg/l	3
Chrome 6⁺	mg/l	0.1
Fer	mg/l	5
Manganèse	mg/l	1
Mercuré	mg/l	0.01
Nickel	mg/l	5
Plomb	mg/l	1
Cuivre	mg/l	3
Zinc	mg/l	5
Huiles et graisses	mg/l	20
Hydrocarbures	mg/l	20
Phénols	mg/l	0.5
Solvants organiques	mg/l	20
Chlore actif	mg/l	1
PCB	mg/l	0.001
Détergeant	mg/l	2
Tensioactifs anioniques	mg/l	10

Tableau. 2 : Qualité requise des eaux de baignade (Extrait du décret exécutif N° 93-164 du 10/07/1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels).

Paramètres	Unités	Valeurs guides	Valeurs limites
Micro biologiques			
1. Coliformes totaux	/100 ml	500	10 000
2. Coliformes fécaux	/100 ml	100	2 000
3. Streptocoques	/100 ml	100	-
4. Salmonelles	1L	-	0
5. Entérovirus	PFU/10L	-	0
6. Vibriion cholérique	/450 ml	-	0
Physico-chimiques			
1. Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur
2. Huiles minérales	mg/l	-	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
3. substances tensioactives réagissant au bleu de méthylène	mg/l Lauryl-sulfate	>0.3	Pas de mousse persistante
4. Phénols (indice phénol)	mg/l C ⁶ H ⁵ O ⁴	>0.005	0.05 et aucune odeur spécifique
5. Transparence	M	2	1
6. Résidus goudronneux et matières flottantes (bois, plastique, bouteille et toute autre matière débris ou éclats)	-	-	Absence
7. pH	-	-	6-8
8. Oxygène dissous	% Saturation en oxygène	-	80-120
9. Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir de substances susceptibles de nuire à la santé des baigneurs.

1. Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité.
2. Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A.E.E. (Agence Européenne pour l'Environnement). ; 1999. Le milieu marin et littoral méditerranéen : état de pression. A.E.E, Copenhague. pp 33-44.

A.N.P.E. ; 1994. monographie de la wilaya de Skikda, 186 p.

ABDENOUR C.; SMITH B.; BOULAKOUD M S.; SAMRAOUI B.; RAINBOW P S.; 2000. Trace metals in marine brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria. *Hydrobiologia* 432: pp 217-227.

AMINOT A. ; CHAUSSEPIED M. ; 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'exploitation des Océans, 396 p.

AMMAR E. ; SASSADAT K. ; BOUZID J. ; CHARFI M. ; BENDJEMAA M. ; MEDHIOUB K. ; 1991. Impact des rejets industriels du complexe chimique de Gannouche sur la qualité des eaux marines du golf de Gabès. Rapport à la demande de l'A.N.P.E.

ANONYME. ; 2002. La wilaya de Skikda, 95 p.

AOUDJIT N.; 2001. Contribution à l'étude de quelques paramètres de la reproduction de la bogue (*Boops boops* L., 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (zinc, fer, nickel, cuivre et plomb) dans la baie d'Oran. Thèse de Magister. 243 p.

ARFI R.; LEVEAU M.; 1983. Impact d'une perturbation détritique et polluante sur la structure et le fonctionnement des populations phytoplanctoniques. *Océanis*. Vol. 9, Fasc. 8 : pp 653-675.

ASSO A. ; ABDELWAHEB N. ; AZZOUZ M. ; NACEUR J. ; 1986. Distribution de quatre métaux lourds (Zn, Hg, Cu et Cd) chez deux espèces de moules présentes dans la baie d'Alger. *Comm. Int. Mer Med.*, 30 (2).

AUBERT M.; AUBERT J.; DANIEL S.; GAMBAROTTA J.P.; ROMÉY L.A.; MANGIN J.Ph.; BULARD P.F.; IRR P.; CHEVALIER Y.; 1967. Dynamique d'eaux résiduaires rejetées en bassin maritime. *Rev. Intern. Océanogr. Méd.*, 8: pp 5-40.

AUGIER H.; ROBERT P.; MAFFER R.; 1980. Etude du régime thermique annuel des eaux au niveau des peuplements des phanérogames marines de la baie de Port-Cros. *Tav. Sci. Parc National. Port-Cros, Fr.* ; 6 : 69-130.

BAKALEM A. ; 1980. Pollution et source de pollution marine d'origine industrielle sur la côte algérienne : étude préliminaire. 5eme journée d'étude de pollution, Cagliari, CIESM : pp 195-200.

BAKALEM A. ; 1990. Aménagement du littoral Ouest. Problèmes de pollution marine : étude préliminaire de la zone Arzew Mers El Hedjadj. *Cahier Géographique de l'Ouest*, n° 5-6 : pp 115 - 149.

BAKALEM A. ; ROMANO J.C. ; 1982. Pollution et peuplements benthiques dans la région algéroise (Baie d'Alger et Baie de Bou-Ismaïl). 6eme journée d'étude de pollution, Cagliari, Cannes : pp 687-697.

BAKALEM A. ; ROMANO J.C. 1985. Etude des peuplements benthiques d'un milieu perturbé : le port d'Alger. Réunion PNUE/FAO, Blanes : 7-11 octobre 1985, FAO Fisheries Report n° 352 suppl. : 27-43.

BEI F.; CATSIKI V.; STROGYLOUDI E.; 1998. Seasonal and spatial variation of Cu, Cr, Ni and Pb concentrations in *Mutilus galloprovincialis* of saronikos gulf, Greece. *Rapp. Comm. Int. Mer Méd.* Vol 35.

BENAMAR M.A. ; 1997. techniques d'analyse pour le dosage des métaux lourds et substances radioactives dans le sédiment marin. Premier Atelier Régional Est sur la surveillance de la qualité des eaux de baignade, El Tarf, 12 p.

BENGUEDDA RW. ; 1993. Contribution à l'étude de quelques polluants métalliques chez la moule *Perna perna* (L) et le rouget *Mullus surmuletus* (L) dans la partie occidentale du golf

d'Arzew. Thèse de Magister. Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, Université d'Alger. 108 p.

BOUDJELLAL B. ; REFES W. ; EDDALIA N. ; OUNADI F. ; BENCHIKH S.; AZZOUZ M.; 1998. Etude de la variabilité des teneurs en métaux lourds chez la moule *Mutilus galloprovincialis* (LMK) d'un milieu lagunaire : le lac El Mellah (El Kala, Algérie). Rapp. Comm. Int. Mer Med. Vol. 35.

BOUHAYENE S. ; 2002. Contribution à la connaissance des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la baie d'Annaba – Est Algérien- : Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire. Thèse de Magister. Université d'Annaba. 151p.

BOURDIAL I. ; 1988. L'invasion sournoise des métaux lourds. Science et vie n° 852, septembre 1988. pp 52-59.

BOURGEOIS C.M. ; 1980. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Ed. TEC & DOC, Paris. Vol. 3. pp 90-224.

BOUTIBA Z. ; 1998. Biodiversité marine en Méditerranée du Sud-Ouest : 9-11. (In PAM, 1998).

BOUTIBA Z.; 1992. Les mammifères marins d'Algérie, Statut, Répartition, Biologie et Ecologie. Thèse de Doctorat. Université d'Oran. 575 p.

BRUNO A., JEAN Y S.; DIDIER S. ; YVES H., HERVE T., PIERRE B. ; 1998. Etude des niveaux de contamination chimique en Méditerranée basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules. Rapp. Comm. Int. Mer Med. 35.

C.D.D. (Commission du Développement Durable); 2002. Profil de l'Algérie. *Sommet de Joeinsbourg 2002*. 71 p.

C.N.E.S (Conseil National Economique et Social). ; 1997. Rapport sur l'environnement en Algérie. 63 p.

C.O.I. ; 1985. Manuel et guide C.O.I. n° 13 : Manuel sur la surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures pétroliers dissous et dispersés dans l'eau de mer et sur les plages. Commission Océanographique Intergouvernementale de l'Unesco, Paris, 35 p.

CHOUIKHI A. ; NACEUR I. ; TALBI D. ; 1988. Niveaux en pesticides organochlorés et en PCB dans les moules présents dans la baie d'Alger. Com. Int. Mer Med., 31 (2).

CHOUIKHI A. ; SELLALI B. ; KHETIB N. ; REZZOUG S. ; BOUDJELLAL B. ; 1992. Distribution spatiale des métaux lourds dans le sédiment superficiel de la côte Ouest Algérienne. Rapp. Comm. Int. Mer Med.,33.

DARMOUL B. ; HADJ ALI SALEM M. ; VITELLI P.; 1980. Effets des rejets industriels de la région de Gabès (Tunisie) sur le milieu marin récepteur. Bull. Inst. Nat. Scien. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô, 7 : pp 5-61.

DARMOUL B.; 1977. Recherche sur l'influence des rejets de phosphogypse dans le golf de Gabès et étude expérimentale de leur toxicité. D.E.A, Université de Tunis.

DAVIS J.D. ; MACKNIGHT S. ; IMO Staff et autres.; 1990. Environmental considerations for Port and Harbor developments. World Bank Technical Paper. 126.

DELLALI M.; EL BOUR M. ; AISSA P. ; 2001. Evaluation de la pollution bactérienne dans la lagune de Bizerte : Résultats préliminaires. J. Rech. Océanographique. Vol. 26 n° 1-2 : pp 18-28.

DONZE M.; 1990. Aquatic pollution and dredging in the European Community. Delwel Publishers, La Haye.

E.P.S. (Entreprise Portuaire de Skikda). ; 1998. Annuaire statistique, 32 p.

E.P.S. (Entreprise Portuaire de Skikda). ; 1999. Annuaire statistique, 32 p.

E.P.S. (Entreprise Portuaire de Skikda). ; 2000. Annuaire statistique, 32 p.

E.P.S. (Entreprise Portuaire de Skikda). ; 2001. Annuaire statistique, 32 p.

FRILIGOS N. ; 1985. Nutrient conditions in two Aegean Gulf. MARPOL Bull. Vol. 16 (5): pp 208-209.

GHARSALLAH Z. ; 2002. Evaluation de la pollution du littoral d'Annaba : qualité micro biologique de l'eau et teneur en métaux lourds du sédiment superficiel. Thèse de Magister. Université de Annaba, 82 p.

GILET R. ; 1959. Water pollution in Marseille and its relations with flora and fauna. *Inter. Conf.* On waste disposal in the marine environment.

GUILLAUD J.F.; AMINOT A.; 1991. Devenir des éléments nutritifs en zone littorale. La mer et les rejets urbains. Bendor, 13-15 juin 1990. *IFREMER. Act. Coll.* 11: pp 27-34.

HAMIDI S. ; 1997. Bilan de la saison estivale 1996 (observations et remarques). Premier Atelier Régional Est sur la surveillance de la qualité des eaux de baignade, El Tarf, 24 p.

HAMIDI S. ; 1997. Conception et objectif du réseau de surveillance de la qualité des eaux de baignade. Premier Atelier Régional Est sur la surveillance de la qualité des eaux de baignade, El Tarf, 14 p.

HARITI R. ; LAROUSSE A. ; 2000. Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds dans les sédiments des ports de Mostaganem et d'Annaba.

HOCINI N.; MAMI M.; 1991. Application des traceurs radioactifs à l'étude de l'ensablement du nouveau port de Skikda. Rapport préliminaire : méthodes et résultats sédimentologiques. C.D.T.N. (Centre de Développement des Techniques Nucléaires). 84 p.

INSTITUT POUR LA QUALITE DES EAUX, DANEMARK. ; LABORATOIRE D'ETUDE MARITIME, ALGERIE. ; DORSCH CONSULT, ALLEMAGNE. ; INSTITUT DANOIS D'HYDRAULIQUE, DANEMARK. ; 1994. Etude de protection contre la pollution des ports et du littoral algérien, Direction des Ports d'Algérie, 166 p.

JUILLIAN M.; TYSSET C.; ESPINASSE, 1962. Etude bactériologique des eaux du port et la baie d'Alger. *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie* 40 n° 1. Mars 1962.

KERAMBRUN P. ; 1983. Conséquences de la pollution thermique sur les organismes marins. *Océanis*. Vol. 9, Fasc. 8 : pp 627-651.

L.E.M. (Laboratoire d'Etudes Maritimes). ; 1998. Etude d'impact sur l'environnement du dragage de l'ancien port de Skikda. *Entreprise Portuaire de Skikda*. 36 p.

LAOUIRA A. ; 2002. Note relative aux pollutions marines accidentelles « Tel Bahr ». Rencontres « Villes propres ». 12 janvier 2002. Alger.

LE HIR P. ; GUILLAUD J.F. ; 1989. Simulation de l'effet des remises en suspension sur la qualité bactériologique de l'eau. Rapport statistique. *IFREMER*.

MEDHIOUB K. ; 1981. Aperçu sur la pollution côtière dans la région de Sfax. 1^{er} Congrès des Sciences de la Terre. Tunis.

MERABTINE H. ; MERZOUG A ; 1997. Salubrité des sites récréatifs marins: méthodes d'analyse microbiologique de l'eau de mer. Premier Atelier Régional Est sur la surveillance de la qualité des eaux de baignade, El Tarf, 13 p.

MERABTINE H. ; MERZOUG A. ; BOUALI B.; BOUKAHL C.; BOUHANK S.; REFES N.; CHAAB H.; 1998. Evaluation de la qualité micro biologique de l'eau de mer de la plage Ouest de Sidi Fredj (Algérie). *Rapp. Comm. Int. Mer Med*. Vol.35.

MOUFFOK F. ; 2001. Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Algérie. 40 p.

NOEMIE E. ; CASTALLENET F. ; DEBAS L.; 2003. 20 Prestiges souilleront la méditerranée cette année !. Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en méditerranée. WWF. France. Janvier 2003.

OUAHDI M. ; SLIMANO R ; 1997. Maladies à transmission hydrique et qualité des eaux de baignades : Bilan des activités du contrôle bactériologique des eaux de baignade pour l'année 1996. Premier Atelier Régional Est sur la surveillance de la qualité des eaux de baignade, El Tarf, 3 p.

OUNISSI M. ; FREHI H. ; 1999. Variabilité du microphytopancton et des *Tintinidea* (Protozoaires ciliés) d'un secteur eutrophe du golf d'Annaba (Méditerranée Sud-occidentale) Cah. Biol. Mar. 40 : 141-153.

OUNISSI M. ; FREHI H. ; KHELIFI-TOUHAMI M. ; 1998. Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golf d'Annaba (Algérie). Ann. Inst. Océanogr., Paris, 74 (1): 13-28.

PATRUNO R. ; 2001. Prévention et lutte contre la pollution marine. *REMPEC*, Toulon, 6 juin 2001. 10 p.

ROUIDI S. ; 2002. Cartographie de la pollution par les hydrocarbures totaux au niveau de la plate-forme industrielle de Skikda. Thèse de Magister. Université de Constantine, 112 p.

SARBADJI M. ; 1991. Contribution à l'étude des rejets industriels et urbains sur l'environnement marin de la région de Sfax. Essai de traitement. D.E.A. Université de Tunis.

THOMAS O. ; 1995. Métrologie des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, 192 p.

VOIRIN ; 1987. Guide de lutte contre les pollutions par hydrocarbures en méditerranée. ROCC- PAM, 100 p.

WWF-Spain ERGOS brochure : Opérative ERGOS : Environnemental Response Group to Oil Spills, 2000.

RESUME

En Algérie, la vocation pluridisciplinaire et interministérielle, ainsi que la dimension géographique de la tâche qui englobe 14 wilayas côtières le long de 1200Km, rendent particulièrement difficile l'analyse, la collecte et la présentation des données nécessaires au bon déroulement du programme de surveillance de la qualité des eaux du littoral, d'où donc la nécessité de renforcer et d'améliorer le réseau de surveillance et d'uniformiser les méthodes d'analyse et les données.

Ce qui est en jeu, c'est notamment ; de préserver un littoral et un écosystème fragiles et ce, par la recherche constante d'un juste équilibre et d'une réhabilitation profonde de l'homme comme acteur et bénéficiaire des effets qui en sont attendus.

La lutte contre les risques de pollutions est d'une importance capitale afin de minimiser les impacts négatifs sur une économie déjà fragile et sur les écosystèmes côtiers et marins. Considéré comme l'espace clé de l'aménagement de la totalité du territoire national, le littoral résume la problématique de l'environnement, de l'aménagement et du développement durable ; la civilisation vit désormais une course de vitesse avec son environnement marin.

Située à l'Est du littoral algérien avec 130 km de côtes, le golf de Skikda est un écosystème marin dont l'environnement biotique répond à diverses variations (climatiques, humaines...).

L'industrialisation de Skikda reste l'avènement le plus important de la région. En effet, en plus de son potentiel agricole, Skikda est un grand pôle industriel d'importance nationale dominé par les complexes pétrochimiques. Vu que l'essentiel de sa capacité économique (Unités industrielles, port commercial, port spécialisé en hydrocarbures) est concentré dans la zone littorale, la région de Skikda (écosystème côtier) est soumise à des risques de pollutions pouvant engendrer des dégradations diverses, même si les services de l'environnement restent vigilants.

Notre étude, conduite en 2002, a porté sur une évaluation de la pollution de la zone côtière de la région de Skikda à l'aide de prélèvements spatio-temporels d'échantillons d'eau et de sédiment marins. Notamment, par l'analyse bactériologique (Coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux), physico-chimique (T°C, pH, conductivité..), et organique (hydrocarbures totaux) des eaux marines superficielles ainsi que l'analyse des teneurs en métaux lourds du sédiment superficiel.

Les résultats d'analyse obtenus, nous ont permis de mettre en évidence des concentrations élevées de polluants, dépassant de loin les valeurs limites fixées par la réglementation en vigueur (algérienne) ainsi qu'une non-conformité avec cette même réglementation pour certains effluents urbains et industriels. Des zones vierges dépourvues de toute pollution ont également été mises en évidence.

Mot - clés: pollution, littoral, Skikda, bactériologie, hydrocarbures, métaux lourds.

