

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Badji Mokhtar – Annaba
Département des Sciences de la Mer

Laboratoire d'Ecobiologie des
Milieux Marins et Littoraux

Année 2006

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

**Evaluation des pollutions industrielle et urbaine dans la région d'Annaba:
impact sur l'écosystème marin côtier.**

**Option :
Ecosystèmes côtiers et ressources vivantes.**

Par OUALI Naouel

Directeur

Abdallah Borhane DJEBAR Professeur Université Badji Mokhtar - Annaba

Devant le jury

Président:

Mourad BENSOUILAH Professeur Université Badji Mokhtar - Annaba

Examineurs:

Norredine AOUF Professeur Université Badji Mokhtar - Annaba
Mostepha BOULAHIDJ Professeur ISMAL Alger

Invité: S. HAZOURLI Maître de Conférence Université Badji Mokhtar – Annaba

Résumé :

L'évaluation des pollutions industrielle et urbaine dans la région d'Annaba a été abordée dans cette étude. Nous nous sommes intéressés particulièrement à son impacte sur l'écosystème marin côtier.

La ville d'Annaba est une baie ouverte à une vocation industrielle et touristique, depuis plus de 30 ans des industries polluantes déversent sans traitements préalables des produits dont la quantité ni la qualité sont connues. La présence de 2 ports commerciaux et de pêche, le manque de station de traitement des eaux usées et une urbanisation anarchique, concentrée sur une bande de littoral d'1 Km et une multiplication par 6 de la population de cette cité pendant la saison estivale concourent vers une dégradation de l'environnement littoral marin.

Nous avons étudiés des échantillons d'eaux dans 8 plages, une embouchure d'Oued, une zone industrielle et 2 ports. Nous avons positionnés par GPS les 20 stations avant d'aborder les mesures sur 12 mois de la Température, la Salinité, le pH et l'Oxygène dissous. Ensuite nous nous sommes intéressés à la qualité bactériologique de l'eau en quantifiant les Coliformes totaux, Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux et nous avons évalué la pollution de l'eau superficielle par les Hydrocarbures totaux. Enfin dans le sédiment superficiel nous avons recherché et estimé par SAA, 10 métaux lourds.

L'ensemble de ses résultats montre que la baie d'Annaba est un écosystème en dégradation. Ses paramètres physico-chimiques maintiennent les bactéries en survie en été, l'augmentation de la température et l'accroissement des populations entraînent une surcharge microbienne notable. Les eaux des ports sont polluées par les hydrocarbures totaux il en est de même pour les analyses de la charge métallique dans les sédiments des 2 ports dans lesquels des pollutions par le fer, le chrome et le cadmium ont été retrouvées.

A l'ouest d'Annaba, 2 plages, éloignées de toute source de pollution et bénéficiant, il s'agit des plages militaire et Ain Achir.

Nous suggérons la mise en place d'un programme de surveillance par évaluation régulière des sources potentielles de contamination et l'établissement d'un plan de gestion du littoral en concertation avec la municipalité d'Annaba.

Mot clés : Golfe d'Annaba ; Pollution ; Bactériologie ; Hydrocarbures ; Métaux lourds.

Summary:

The industrial and urban pollution assessment in the region of Annaba has been landed in this survey. We are ourselves interests to his impacts especially on the inshore marine ecosystem.

The city of Annaba is an open bay to an industrial and tourist vocation, since more of 30 years of the polluting industries pour without previous treatments of products of which the quantity nor the quality are known. The presence of commercial 2 harbours and fishing, the lack of station of worn-out water treatment and an anarchical urbanization, concentrated on a strip of coastline d'1 Kms and a multiplication by 6 of the population of this city during the summery season, compete toward a deterioration of surround him marine coastline.

We studied samples of waters in 8 beaches, a mouth of Rued, an industrial zone and 2 harbours. We positioned by GPS the 20 stations before landing measures on 12 months of the Temperature, the Saltiness, the pH and the Oxygen dissolved. Then we interested ourselves to the bacteriological quality of water as quantifying the Cleomes totals, Cleomes faecal and Streptocoques faecal and we valued the pollution of the superficial water by Hydrocarbon wholes. In short in the superficial sediment we searched for and valued by SAA, 10 heavy metals.

The whole of his results watch that the bay of Annaba is an ecosystem in deterioration. His physical-chemical parameters maintain bacteria in survival in summer, the increase of the temperature and the growth of populations drag a considerable microbial overcharge. The waters of harbours are polluted by the total hydrocarbons he/it is some in the same way for analyses of the metallic load in sediments of the 2 harbours in the what of pollutions by iron, the chromium and the cadmium has been recovered.

To the west of Annaba, 2 beaches, distant of all sources of pollution and benefiting, he/it is about the beaches soldier and Ain Achir.

We suggest the setting up of a surveillance program by regular assessment of the potential sources of contamination and the establishment of a plan of management of the coastline in venture with the township of Annaba.

Word- keys: Bay of Annaba; Pollution; Bacteriology; Hydrocarbons; Heavy metals.

Remerciements

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à Mr. DJEBAR B. de m'avoir inspiré le thème de ce travail et me guider dans sa réalisation et auprès de qui j'ai trouvé aides et encouragements.

Mes remerciements les plus sincères s'adresse à Mr. BEN SOUILAH M. Professeur au département des Science de la mer de m'avoir fait le grand honneur d'accepter de présider ce jury.

Je tiens également à exprimer toutes ma gratitude au Pr BOULAHIDJ M. Directeur de l'Institut des Science de la Mer et de l'Aménagement du Littoral – Alger, Pr AOUF Président du Conseil Scientifique de la Faculté des Sciences de l'Université d'Annaba et Directeur du laboratoire de chimie et au M. HAZOURLI Maître de Conférence à Université d'Annaba pour ses intérêts à ce travail et ses critiques constructives.

Un grand merci également à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail : par un service, un encouragement ou un petit conseil. Ma reconnaissance va particulièrement à Messieurs RETIMA A. et BELABEDE B.

Monsieur BOUZINEDE R. nous a beaucoup aidé pour la réalisation de ce travail, qu'il accepte nos meilleurs remerciements. Merci également à tout le personnel de l'unité CP1K du complexe pétrochimique de Skikda, pour leur aide très précieuse, nous citerons en particulier Messieurs CHELIGUEM R., CHOUBI, ALI et BOUALEGUE de la raffinerie.

Enfin, tous mes remerciements vont à l'ensemble des enseignants et responsables du département des sciences de la mer et de l'Université Badji Mokhtar – Annaba.

Liste des tableaux :

Tab.	Titre	Page
01	Principales industries de la région d'Annaba déversant dans le golfe.	17
02	Risques sanitaires dus à une pollution microbiologique des eaux de baignade	20
03	Normes de qualité des eaux de baignade décret exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993.	21
04	Représentation des stations de prélèvement.	35
05	Représentation des sources probables de contamination des eaux.	42
06	Stations de prélèvement d'échantillons d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux.	42
07	Représentation des stations et localités concernées par l'identification et la quantification des métaux lourds dans le sédiment superficiel.	45
08	Caractéristiques des stations de prélèvement des sédiments superficiels pour quantifier les métaux métalliques.	46
09	Qualité requise des eaux de mer (baignade).	49
10	Normes hollandaises et Algériennes pour l'évaluation des polluants métalliques dans les sédiments	49
11	Normes Françaises pour l'évaluation des polluants métalliques dans les sédiments. (Agence du bassin du Rhône, (1990).	50
12	Représentations des 3 classes de pollution des sédiments en fonction des valeurs des I. C. (indices de contamination) (Agence du Bassin du Rhône (1990).	51
13	Localisations GPS des 20 stations d'étude retenues dans le golfe d'Annaba.	54
14	Représentation des taux de contamination bactériologiques des eaux selon la zone de prélèvement.	68
15	Comparaison des résultats physico-chimiques avec ceux de différents auteurs obtenus à Annaba. PP: période printanière, PE : période estivale, PA : période automnale et PH : période hivernale.	95
16	Représentation comparative des résultats physico-chimiques avec ceux de Skikda.	97
17	Comparaison des résultats des contaminations moyennes en germes / 100 ml d'eau du golfe d'Annaba avec ceux d'autres auteurs	101
18	Représentation comparative de la pollution par les hydrocarbures des ports de Skikda et d'Annaba.	103
19	Représentation des teneurs en métaux lourds dans les sédiments des ports d'Annaba [C] mg / kg de sédiment.	106
20	Représentation des teneurs en métaux lourds dans les sédiments des ports d'Annaba et de Méditerranée [C] mg / kg de sédiment	107

Liste des figures :

Figure	Titre	Page
01	Photographies montrant l'épave de Trinidad en 1979, <i>Aegean Captain</i> et l' <i>Atlantic Empress</i> , qui ont déversés 270000 t de pétrole dans la mer des Antilles	23
02	Situations des stations d'étude sur le golfe d'Annaba. S1, S2 et S3 se trouvent dans la commune d'El Bouni et de S4 à S20 nous sommes dans la commune d'Annaba.	28
03	Photographie aérienne montrant les stations 1 (plage sidi salem), 2 (embouchure de l'oued seybouze) et 3 (asmidal).	30
04	Photographie aérienne montrant le port commercial avec les stations S4 et S5 et le port de pêche avec S6 et S7.	31
05	Photographie montrant le port commercial.	32
06	Photographie montrant le port de pêche.	32
07	Image satellitaire montrant les stations 8 et 9 (plage saint cloup), 10 et 11 (plage chapui), 12 et 13 (plage la caroube), 14 et 15 (plage belvedere), 16 et 17 (plage toch), 18 (plage militaire) et S9 et S20 (plage ain achir).	34
08	Schématisation de la recherche et du dénombrement des coliformes (Colimétrie).	39
09	Schématisation de la recherche et du dénombrement des streptocoques fécaux.	41
10	Courbes thermiques montrant la dynamique de l'évolution mensuelles des températures des eaux superficielles du golfe d'Annaba.	56
11	Fluctuations des pH mensuels moyens des eaux superficielles du golfe d'Annaba d'avril 2004 à mars 2005.	57
12	Variation des salinités mensuelles des eaux du golfe d'Annaba.	57
13	Fluctuations moyennes des taux d'oxygène dissous dans les eaux du golfe d'Annaba (avril 2004 - mars 2005).	58
14	Résultats cumulatifs des paramètres physico-chimiques des principales plages du golfe d'Annaba.	60
15	Courbes thermiques montrant les variations mensuelles des températures des eaux superficielles des ports de commerce (Pc) et de pêche (Pp).	61
16	Variations des pH mensuels moyens des eaux superficielles des ports de commerce Pc et de pêche Pp de décembre 2004 à mai 2005.	61
17	Variations des salinités mensuelles moyennes des eaux superficielles des ports de commerce (Pc) et de pêche (Pp) de décembre 2004 à mai 2005.	62
18	Fluctuations mensuelles moyennes des taux d'oxygène dissous dans les eaux des ports commercial (Pc) et de pêche (Pp) (décembre 2004 - mai 2005).	62
19	Résultats cumulatifs des paramètres physico chimiques du port commercial et de pêche d'Annaba	64
20	Variation du nombre moyen des coliformes totaux dans les plages d'Annaba entre avril 2004 et mai 2005.	66
21	Variation du nombre moyen des coliformes fécaux dans les plages d'Annaba entre avril 2004 et mai 2005.	67
22	Variation du nombre moyen des streptocoque fécaux dans les plages d'Annaba entre avril 2004 et mai 2005.	67
23	Récapitulation des résultats des paramètres bactériologiques des eaux des 16 plages du golfe d'Annaba.	69
24	L'indice de Bourgeois (1980) dans les plages d'Annaba.	70
25	Variation du nombre moyen des coliformes totaux des ports d'Annaba de	71

	décembre 2004 à mai 2005.	
26	Variation du nombre moyen des coliformes fécaux des ports d'Annaba de décembre 2004 à mai 2005.	72
27	Variation du nombre moyen des streptocoques fécaux des ports d'Annaba de décembre 2004 à mai 2005.	73
28	Récapitulation des résultats des paramètres bactériologiques dans les ports de pêche et commerciaux d'Annaba.	74
29	Représentation des résultats de l'indice de Bourgois (1980). Cf / Sf.	75
30	Variation moyenne des HCT dans la baie d'Annaba entre janvier et juin 2005.	77
31	Variations des HCT au niveau de oued Seybouse entre janvier et juin 2005.	77
32	Variation des HCT au niveau d'Asmidal entre décembre 2004 et mai 2005.	78
33	Variations des HCT au niveau du port commercial d'Annaba entre janvier et juin 2005.	78
34	Variations des HCT au niveau du port de pêche d'Annaba entre janvier et juin 2005.	78
35	Variations des HCT au niveau de la plage Rezgui Rachid entre janvier et juin 2005.	79
36	Variations des HCT au niveau de la plage Rizi Amor entre janvier et juin 2005.	80
37	Variations des HCT au niveau de la plage Refes Zahouen entre janvier et juin 2005.	80
38	Variations des HCT au niveau de la plage Ain Achir entre janvier et juin 2005.	81
39	Récapitulation des résultats des hydrocarbures totaux au niveau de la baie d'Annaba.	82
40	Variations des concentrations du cadmium dans le sédiment du golfe d'Annaba.	85
41	Variations des concentrations du cuivre dans le sédiment du golfe d'Annaba.	85
42	Variations des concentrations du chrome dans le sédiment du golfe d'Annaba.	86
43	Variations des concentrations du mercure dans le sédiment du golfe d'Annaba.	86
44	Variations des concentrations du plomb dans le sédiment du golfe d'Annaba.	87
45	Variations des concentrations du zinc dans le sédiment du golfe d'Annaba.	88
46	Variations des concentrations du fer dans le sédiment du golfe d'Annaba.	89
47	Variations des concentrations du manganèse le sédiment du golfe d'Annaba.	89
48	Variations des concentrations du nickel dans le sédiment du golfe d'Annaba.	90
49	Récapitulation des résultats des métaux lourd dans le sédiment superficiel de la baie d'Annaba.	91
50	Photographies montrant un déversement d'eaux usées directement dans le littoral.	98
51	Récapitulation du niveau de la pollution dans la baie d'Annaba.	110

Liste des symboles :

Symboles	Définitions
As	Arsenic
BIOMAR	Bioressources Marines
C.O.I.	la Commission Océanographique Internationale
CCl ₄	tétrachlorure de Carbone
Cd	Cadmium
CF	Coliforme Fécaux
CHU	laboratoires de microbiologie du centre de santé d'Annaba
CP1K	Complexe Pétrochimique de Skikda.
Cr	Chrome
CT	Coliforme Totaux
Cu	Cuivre
DBO5	Demande Biologique en Oxygène 5
DCO	Demande Chimique en Oxygène
EMMAL	laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux
EPAn	Entreprise Portuaire d'Annaba
Fe	Fer
G.P.S	Guidage Par Satellite
HCl	Acide chlorhydrique
HCT	Hydrocarbure Totaux
Hg	Mercure
IB	Indice de Bourgeoie
IC	Indice de Contamination
LEM	Laboratoire d'Etudes Maritime
MEDPOL	Mediterranean Pollution
Mn	Manganèse
Ni	Nickel
NPP	Nombre le Plus Probable
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé
P	Période
PAM	Plan d'Action pour la Méditerranée
Pb	Plomb
Pc	Port commercial
PNUE	State of the Mediterranean marine environment
Pp	Port de pêche
S	Station
S ‰	Salinité
SEMP	Service d'Epidémiologie et de Médecine Préventive
SF	Streptocoque Fécaux
T°	Température
V.G	Valeur guide
V.L	Valeur limite
VLI	Valeur Limité Inférieure
VLS	Valeur Limité Supérieure
ZET	Zone d'Expansion Touristique
Zn	Zinc

Table des matières :

1. Introduction.....	14
2. Matériels et méthodes.....	27
2.1. Localisation G.P.S. des stations d'étude.....	27
2.1.1. Secteur de la Commune d'El Bouni.....	28
2.1.1.1. Concernant la station 1.....	28
2.1.1.2. Concernant la station 2.....	28
2.1.1.3. Concernant la station 3.....	29
2.1.2. Secteur de la Commune de Annaba.....	31
2.1.2.1. Concernant les stations 4 et 5.....	31
2.1.3.2. Concernant les stations 6 et 7.....	32
2.1.2.3. Concernant les stations 8 et 9.....	33
2.1.2.4. Concernant les stations 10 et 11.....	33
2.1.2.5. Concernant les stations 12 et 13.....	33
2.1.2.6. Concernant les stations 14 et 15.....	33
2.1.2.7. Concernant les stations 16 et 17.....	33
2.1.2.8. Concernant la station 18.....	33
2.1.2.9. Concernant la station 19.....	33
2.1.2.10. Concernant la station 20.....	33
2.2. Etude expérimentale.....	34
2.2.1. Chronologie et technique de mesure des paramètres physico-chimiques.....	35
2.2.2. Techniques d'identification et de quantification des bactéries.....	36
2. 2. 2. 1. Techniques d'analyse.....	36
2.2.2.2. Appareillages utilisés.....	37
2.2.2.3. Milieux de cultures pour la recherche des coliformes.....	37
2.2.2.3.1. Test présomptif	37
2.2.2.3.2. Test confirmatif	38
2.2.2.4. Milieux de cultures pour rechercher les streptocoques totaux	40
2.2.2.4.1. Test présomptif	40
2.2.2.4.2. Test confirmatif	40
2.2.2.5. Expression des résultats	40

2.2.2.7. Indice de Bourgeois	42
2.2.3. Techniques d'identification et de quantification hydrocarbures totaux	42
2.2.3.1. Sites et méthode d'échantillonnage	42
2.2.3.2. Principe de la méthode	43
2.2.3.3. Matériels utilisés	43
2.2.3.4. Mode opératoire	44
2.2.3.4.1. Extraction de l'eau de mer.....	44
2.2.3.4.2. Technique de mesure	44
2.2.3.4.3. Expression des résultats	44
2.2.4. Techniques d'identification et de quantification des métaux lourds	45
2.2.4.1. Sites et technique d'échantillonnage	45
2.2.4.2. Analyse des échantillons	45
2.2.4.2.1. Principe de la méthode	46
2.2.4.2.2. Appareillages et réactifs utilisés	46
2.2.4.2.3. Mode opératoire	47
2.3. Normes de qualité utilisées	48
3. Résultats.....	54
3.1. Positionnement G.P. S. des stations d'étude.....	54
3.2. Résultats des paramètres physico chimiques	56
3.2.1. Concernant les plages S1, 2, 3, 8 jusqu'à 20.....	56
3.2.1.1. La Température	56
3.2.1.2. La Salinité	57
3.2.1.3. Le pH	57
3.2.1.4. L'Oxygène dissous	58
3.2.2. Concernant les ports de S4 à S7	61
3.2.2.1. La Température	61
3.2.2.2. La Salinité	61
3.2.2.3. Le pH de l'eau	62
3.2.2.4. Oxygène dissous	62
3.3.2.5. Résultats cumulatifs.....	63
3.3. Résultats de l'analyse bactériologique	66
3.3.1. Concernant les plages S1, 2, 3, 8 jusqu'à 20	66

3.3.1.1. Les Coliformes totaux	66
3.3.1.2. Les Coliformes fécaux	66
3.3.1.3. Les Streptocoques fécaux	67
3.3.1.4. Résultats cumulatifs	68
3.3.1.5. L'indice de Bourgeois (1980) dans les plages d'Annaba	70
3.3.2. Concernant les ports de S4 à S7	71
3.3.2.1. Les Coliformes totaux	71
3.3.2.2. Les Coliformes fécaux	72
3.3.2.3. Les Streptocoques fécaux	72
3.3.2.4. Résultats cumulatifs	73
3.3.2.5. L'indice de Bourgeois (1980) des ports d'Annaba	75
3. 4. Polluants par les hydrocarbures totaux (HCT)	77
3.4.1. Concernant la S2 (Embouchure Oued Seybouse)	77
3.4.2. Concernant la S3 (Asmidal)	78
3.4.3. Concernant la S4 (Port Commercial)	78
3.4.4. Concernant la S7 (Port de Pêche)	79
3.4.5. Concernant la S8 (Rezgui Rachid)	79
3.4.6. Concernant la S11 (Rizi Amor)	80
3.4.7. Concernant la S15 (Refes Zahouen)	80
3.4.8. Concernant la S20 (Ain Achir)	81
3.4. 9. Résultats cumulatifs de la pollution par les hydrocarbures totaux (HCT).....	81
3. 5. Pollution par les métaux lourds.....	84
3.5.1. Résultats des quantifications de l'arsenic	84
3.5.2. Résultats des quantifications du cadmium	84
3.5.3. Résultats des quantifications du cuivre	85
3.5.4. Résultats des quantifications du chrome	86
3.5.5. Résultats des quantifications du mercure	86
3.5.6. Résultats des quantifications du plomb	87
3.5.7. Résultats des quantifications du zinc	87
3.5.8. Résultats des quantifications du fer	88
3.5.9. Résultats des quantifications du manganèse	89
3.5.10. Résultats des quantifications du nickel	90
3.5.11. Normes et classes de pollution par le calcul de l'indice de contamination ...	90

4. Discussion et conclusion	93
5. Références bibliographiques.....	115
Annexes.....	120

1. Introduction

Introduction :

Le débat sur l'environnement en prenant de l'importance et de la densité n'a pas, pour autant, gagné en clarté et en rationalité. Que l'action de l'homme puisse dégrader la nature de façon réversible, parfois irréversible, cela est devenu un truisme universellement accepté. Mais au-delà, commencent les conflits d'intérêts, la recherche des responsabilités, les interrogations sur les bonnes politiques à conduire. Dans toutes ces approches, il est indispensable de disposer d'un langage commun et d'un corps de connaissances objectives. Une meilleure prise en compte des milieux naturels, dans leur diversité et leur complexité, est aujourd'hui ressentie comme une nécessité par les plus hautes autorités chargées de bâtir les politiques de l'eau comme par les responsables locaux chargés de leur mise en œuvre sur le terrain.

En Algérie depuis quelques années, les localités sont devenues conscientes de leurs responsabilités et font appel aux scientifiques pour réduire l'impact de leurs rejets à un niveau acceptable. Pour cela, il faut d'abord définir des priorités car les systèmes de classification des eaux varient d'un pays à un autre et les objectifs de qualité changent quand il s'agit d'un oued, des eaux de baignade, des eaux piscicoles des eaux potabilisables, des eaux marines.

Depuis une vingtaine d'année l'Algérie a mis en place un système de classification de la qualité des eaux rejetées en mer, destiné à orienter les politiques et à mesurer les progrès réalisés nous citerons les arrêtés (JORA n° 46). Tous ces systèmes, qui combinent en général des critères physico-chimiques et biologiques, sont plus ou moins différents et rendent bien difficiles les comparaisons de pays à pays car l'étude des conditions de la méditerranée est un système très complexe au carrefour de la physique, de la chimie et de la biologie.

De nombreux organismes d'état partagent la responsabilité et les tâches pour assurer la surveillance de l'environnement maritime. La consultation des textes et recueils de lois et décrets montrent la participation de 7 à 10 ministères: notamment ceux de l'environnement, de la santé publique, de l'agriculture, du tourisme, des transports, de l'industrie, de la défense nationale, de l'enseignement supérieur et récemment des ressources en eaux (infrastructure pour le dessalement). Il convient d'ajouter les laboratoires universitaires de recherche tels que EMMAL et BIOMAR à Annaba. Cette duplication des responsabilités n'est sans doute pas la solution idéale, mais l'ampleur des travaux qui doivent être accomplis chaque jour exige le maximum de participants.

Un hommage doit être rendu aux animateurs du ministère de l'environnement et de l'aménagement pour l'engagement depuis une dizaine d'années dans un grand programme stratégique sur l'épuration et la qualité des eaux qui associe les chercheurs universitaires. Il s'attache notamment à développer les connaissances relatives à l'effet des polluants sur la qualité des eaux de notre littoral.

Ainsi, notre travail est une contribution basique à l'effort engagé à l'amélioration de la qualité des eaux de nos côtes. Il évite donc à dessein toute polémique et toute controverse. Il expose simplement l'ensemble des connaissances de base sur lesquelles tous doivent s'appuyer pour la recherche comme pour l'action. Il fait partie d'un projet de recherche agréé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique sous le code : F 2301/01/2004, intitulé: Pollutions industrielle et urbaine dans l'environnement marin des villes de Skikda et Annaba : Tendances et dynamique.

L'analyse de l'eau de mer doit répondre à 2 questions complexes, étroitement liées mais dont l'importance varie suivant la nature des problèmes posés. La 1^{ère} question concerne la connaissance de la composition exacte de l'eau de mer, la nature et la concentration de ses différents constituants normaux, éléments major et éléments à l'état de traces dont la présence et la répartition sont relativement homogènes dans les mers et leurs sédiments.

La 2^{ème} question, d'ordre plus pratique et dont l'importance s'accroît de jour en jour, concerne la mise en évidence de nouveaux éléments ou composés pouvant sembler étrangers au milieu marin et surtout des modifications de la composition normale de l'eau liée en grande partie à l'activité humaine.

Toute la difficulté de l'interprétation de l'analyse réside spécifiquement dans cette appréciation critique des variations des concentrations des constituants habituels ou considérés comme anormaux et plus particulièrement de celle des éléments à l'état de traces.

Les métaux lourds, hydrocarbures, pesticides et les bactéries sont rencontrés le plus souvent avec de faibles concentrations sous forme de composés naturels de l'environnement. Cependant, le progrès industriel et l'augmentation de la population dans les zones littorales ont des conséquences négatives qui touchent directement l'environnement. Ces contaminations sont le résultat du déversement des déchets des 3 sources principales: industrielle, domestique et agricole, les cours d'eau véhiculent les rejets contenant leurs déchets et résidus vers le milieu marin. De plus, le transfert de ces éléments par voie atmosphérique n'est pas à négliger. En effet, des études à l'échelle de la Méditerranée occidentale soulignent que l'apport de

polluants par l'atmosphère, comparé à l'apport des rivières et des effluents sous forme dissoute, est du même ordre de grandeur voire supérieur.

Le sédiment est un milieu de fixation et d'accumulation à long terme de micro - polluants, son analyse est une étape essentielle de la détermination de la pollution. Généralement, les concentrations dans le sédiment sont supérieures à celles de l'eau, elles permettent d'une part, de délimiter les zones de contamination et d'en apprécier l'intensité; d'autre part, d'identifier et de localiser les sources de pollution. Ainsi, le sédiment représente-t-il un outil privilégié pour estimer l'état de la contamination du littoral marin par les métaux lourds.

Sur terrain, les dispositions à prendre sont très importantes. En effet, le prélèvement d'un échantillon d'eau ou de sédiment, sa conservation et son transfert au laboratoire restent des opérations délicates aux quelles le plus grand soin doit être apporté, elles conditionnent les résultats analytiques et surtout l'interprétation qui en sera donnée.

La wilaya d'Annaba totalise aujourd'hui près de 611 600 habitants avec 433 hab. / km². Depuis 1962, l'effectif de la population de la wilaya de Annaba s'accroît annuellement de 1,52 % ce taux est lié essentiellement au développement industriel et urbain. La couche sociale rurale de la région ne fait que diminuer suite aux migrations vers la ville Annaba.

En plus de son potentiel agricole et son littoral concerné par les ZET (zones d'expansion touristique), la Wilaya de Annaba a une vocation industrielle représentée, en plus d'entreprises agro - industrielles comme FERROVIAL ou encore ORLAIT, essentiellement par 2 grands complexes industriels :

- le complexe sidérurgique d'El Hadjar.
- le complexe d'engrais ASMIDAL

A cela s'ajoute 3 ZET couvrant près de 2078 hectares, il s'agit de :

- La Corniche de Annaba d'une superficie de 375 hectares.
- La Baie ouest de Chetaibi, d'une superficie de 328 hectares.
- Oued el Begrat de Seraidi, qui s'étale sur près de 1375 hectares.

Le golf d'Annaba est caractérisé par un plateau continental qui s'avance jusqu'à 10 milles seulement au large, très étroit dans son ensemble il possède un fond hétérogène; restreint au Nord du Cap de Garde (4,5 milles), il s'étend dans le golfe jusqu'à 14,5 milles et se rétrécit légèrement à l'Est [1].

La bathymétrie entre les 2 Caps (de Garde et Rosa) limitant le golfe d'Annaba est estimée à 65 m. Les isobathes -10m et -20m sont très rapprochés de la cote, les 2 lignes s'éloignent l'une de l'autre et de la cote à hauteur de Oued Seybouse jusqu'au port. L'isobathe - 50 m est très détachée des 2 isobathes précitées [2].

Le golfe d'Annaba recueille des déversements directs de plusieurs industries et les eaux usées de complexes urbains installés le long du littoral (tab. 1) de plus par le biais de 3 oueds: Seybouse, Mafrague et Méboudja il reçoit les rejets industriels et urbains des wilayates environnantes. Il faut savoir que les décharges de matières organiques provenant d'industries de type agro-alimentaire comme les laiteries, conserveries, abattoirs, etc. sont mélangées aux effluents urbains des collectivités.

Enfin, les eaux de pluie plus ou moins polluée ont une part non négligeable dans l'eutrophisation du golfe d'Annaba quant on sait qu'elles représentent en méditerranée 98 km^3 / an alors que l'évaporation n'est que de $2900 \text{ km}^3/\text{an}$, soit une couche de 1 m d'épaisseur [3].

Tableau 1 : Principales industries de la région d'Annaba déversant dans le golfe (Agence de bassin hydrographique d'Annaba) (1999).

Unité industrielle	Localisation	Nature des effluents liquides	Milieu Récepteur
Asmidal	El-Bouni	- Eaux de process (chargées de résidus chimiques) - Eaux de refroidissement	Mer
EN - Ferphos	Port commercial	- Eaux usées domestiques	Mer
E.N.Corps Gras	Port commercial	- Eaux usées domestiques - Eaux usées industrielles	Mer
O.N. Aliment du Bétail n°1	Port commercial	- Eaux usées domestiques	Mer
Orelait	Lallelik (El-Bouni)	- Eaux usées industrielles (lactosérum)	Oued Seybouse
E.N.C.C.	Z.I. Pont Bouchet	- Eaux de refroidissements	Oued Seybouse
Ferrovial	Lallelick (El-Bouni)	- Eaux usées domestiques - Eaux usées industrielles	Oued Seybouse
Carreaux - Granito	Z.I. Pont Bouchet	- Eaux usées industrielles (ponçage)	Oued Seybouse
Hydro - canal	Z.I. Pont Bouchet	- Eaux usées domestiques	Oued Seybouse

Il est important de connaître les caractéristiques physico-chimiques de l'eau avant d'aborder l'impact de la pollution. C'est ainsi que nous nous sommes intéressé en 1^{er}

lieu à la pollution physico - chimique des eaux où nous avons quantifié sur un cycle annuel la température, la salinité, le pH et l'O₂ dissous de l'eau.

La température de l'eau joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, de la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Les températures relativement élevées agissent comme pollutions additionnelles ayant ainsi des répercussions sur les cycles biologiques. En outre la mesure de ce paramètre est très utile pour les études limnologiques et du point de vue industriel pour les calculs d'échanges thermiques [4]. D'un point de vue réglementaire, (décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993), les rejets industriels ne doivent pas atteindre une température > 30°C.

La salinité est définie conventionnellement comme la masse en g des composés solides séchés à poids constant à 480°C, obtenu à partir de 1 Kg d'eau de mer, il est supposé que la matière organique a été oxydée, le brome et l'iode remplacés par leurs équivalents en chlore et les carbonates en oxydes [4].

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, elle permet d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte. D'un point de vue réglementaire (décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993), les rejets industriels ne doivent pas atteindre une salinité > 35 ‰.

La valeur du pH est un indice de pollution en effet, il représente l'acidité quand il est < 7 ou l'alcalinité > 7 ou la neutralité = 7 de l'eau de mer. Le décret exécutif n°93-160 du 10 juillet 1993, limite les pH dans les eaux des rejets industriels entre 5,5 et 8,5.

L'oxygène dissous, indispensable à la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques, est le réactif limitant de la principale voie de biodégradation de la pollution organique. Présent dans l'eau, sa solubilité est fonction de la température, de la pression atmosphérique et de la salinité. Il faut savoir que la nitrification de l'azote ammoniacal est une source de déficit en O₂, par ailleurs, des croissances de phytoplanctons en zones eutrophiques, peuvent engendrer des sursaturations. De plus, l'appauvrissement du milieu en O₂ dissous provoque l'apparition de pollutions bactériologiques, alors que le phénomène de corrosion est proportionnel aux teneurs élevées de l'O₂ 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% alors que déversements industriels (extrait du décret exécutif n° 93-160 du 10/07/1993 réglementant les rejets d'effluents industriels – JORA n°46).il doit être < 10 mg / l d'eau.

L'analyse microbiologique 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 (coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques totaux et fécaux). Selon Cormier et Martin (1991) [5] ; l'homme et les animaux rejettent parallèlement des micro-organismes d'environ 10^{12} germes / g de fèces.

Généralement, les micro-organismes pénètrent dans l'environnement marin par les rejets d'eaux résiduelles municipales non traitées ou partiellement traitées, constituant ainsi les apports ponctuels. Le devenir de la charge bactérienne dans l'eau de mer comme pour les autres polluants, est fonction de la dilution, de la dispersion physique et de la sédimentation des particules fines. Les bactéries issues des rejets peuvent se présenter sous forme libre ou agglomérée (bactéries dans des floes, bactéries adhérentes à des particules). Les particules les plus grossières (diamètre moyen 24 nm) décantent en masse mais elles sont peu chargées en bactéries, alors que les particules fines (diamètre moyen de 8 nm riche en matière organique et en bactéries, sédimentent lentement par rapport aux grosses particules et suivent à la destinée de la diffusion turbulente des eaux et de ce fait, sont entraînées dans les couches océaniques superficielles. Le sédiment est considéré comme un réservoir des bactéries car elles peuvent acquérir des caractères qu'elles ne possèdent pas auparavant, tels que la résistance aux métaux lourds ou contaminants organiques par transfert de matériel génétique, la durée de survie évaluée par le Guyard et al.(1990) [6], en moyenne à 14 jours et peuvent atteindre 40 jours . Thomas (1995) [7] il a été constaté une survie de 10 à 40 % des micro-organismes intestinaux 7 jours après le rejet. Aubert (1994) [8] estime que l'apport d'eau douce plus ou moins polluée était en méditerranée de 420 milliards ($420 \cdot 10^9$) m³/an venant des cours d'eau et 8 à 10 milliards de m³ des eaux résiduelles (50 à 60 fois moins volumineuses, mais beaucoup plus polluées).

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 tab. 2.

Les coquillages posent également, de délicats problèmes de sécurité alimentaire parce qu'ils filtrent l'eau et concentrent les micro~organismes présents dans le milieu marin et qu'ils sont dégustés crus ou peu cuits. Les conséquences toxi-infectieuses de la consommation de coquillages contaminés sont variées et présentent des risques beaucoup plus importants que ceux liés à la baignade. Selon Poggi (1991) [9], les consommateurs de coquillage sont 3 fois plus exposés que les autres aux maladies entériques. Il peut s'agir pour les bénignes de : vomissements, nausées, céphalées, diarrhée, de gastro-entérites, de dysenteries accompagnées de douleurs abdominales. Pour les plus graves : de fièvres typhoïde par les Salmonelles, d'hépatite A, d'épidémies de choléra (tab. 2).

Tableau 2: Risques sanitaires dus à une pollution microbiologique des eaux de baignade [9].

Type de bactérie	Risque Sanitaire potentiel	Localisation	Remarques
Coliformes Totaux	Gastro-entérite	- Eaux douces et marines - Coquillages	Utilisé comme indicateur général de pollution bactérienne
Coliformes fécaux	Gastro-entérite	- Eaux douces et marines - Coquillages	Utilisé comme indicateur de pollution fécal
Streptocoques fécaux	- Gastro-entérite - Fièvre - Typhoïde - Salmonelles - Otite externe - Sinusite - Conjonctivite	- Eaux douces et marines	Indicateur le plus spécifique de polluant fécale secondaire ou tertiaire

En Algérie, le décret exécutif N° 93-164 du 10 juillet 1993 ayant pour objet de définir la qualité requise des eaux des baignade et précisément en son article 3, définit que la quantité des eaux des baignade doit satisfaire d'un point de vue microbiologique aux paramètres suivants microbiologiques indiqués à l'annexe du même décret et qui' sont reportés comme suites (tab. 3).

Tableau 3: Normes de qualité des eaux de baignade décret exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993.

Types de bactéries	Nombre guide	Nombre impératif
Coliformes totaux / 100 ml	< 500	<10000
Coliformes fécaux	<100	<2000
Streptocoques fécaux	<100	-
Salmonelles	Absence	Absence

Le nombre guide correspondant à un objectif de qualité et le nombre impératif à ne pas dépasser. Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité et celles comprise entre les valeurs guides et les valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue.

Après l'identification et la quantification bactériologique notre prospection nous a mené vers la recherche et la quantification d'hydrocarbures totaux dans les eaux qui représentent une des formes les plus graves de la pollution de l'eau consistant surtout en déversements de pétrole brut dans l'environnement marin. 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 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 10 g, ce qui représente une concentration non négligeable et par voie atmosphérique [7].

Selon Patruno, (2001) [10], toutes les sources possibles de pollution marine par les hydrocarbures résultant des activités humaines peuvent être représentés par 4 types:

- Maritimes intentionnelles: décharges liées à l'exploitation des navires, s'ajoutent les fuites sous-marines lors de la production pétrolière offshore (comme celles du gisement pétrolifère de Nowruz dans le golfe Persique en 1983, évaluées à 540 000 t).
- Maritimes non intentionnelles : toutefois, seuls 10% du pétrole rejeté en mer provient d'échouages et de collisions. Liées encore à l'exploitation des navires et les fuites naturelles de pétrole à travers le fond océanique etc.
- Terrestres intentionnelles: les rejets urbains et fluviaux, les effluents de raffineries et les fuites des oléoducs et les déversements des autres industries pétrolières (par exemple, celui

volontaire, de 460 000 t de pétrole dans le golfe Persique en 1991, pendant la guerre du Golfe), les eaux urbaines et industrielles et ruissellement (1,14 million de t par an)

- Terrestres non intentionnelles : accidents dans les raffineries côtières, les terminaux pétroliers et les ports.

Les autres sources de pollution sont les retombées atmosphériques: 0,3 million de t / an, érosion des sédiments des océans 0,25 million de t / an et les vidanges, principal agent de pollution par les hydrocarbures, ces vidanges frauduleuses proviennent du lavage des réservoirs en mer et du déversement d'eau de ballast polluée avant leur remplissage. Ces opérations sont à l'origine de la pollution chronique des plages par des dépôts goudronneux. Elles étaient fréquentes jusqu'au milieu des années 70, puis un contrôle sévère a été mis en place par l'Organisation maritime internationale, selon les directives de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (Convention Marpol 1973 / 1978). Les conséquences immédiates sur l'environnement peuvent être catastrophiques, comme ce fut le cas lors des naufrages des grands pétroliers, comme le :

- **Torrey Canyon** : (120 000 t de pétrole dans la Manche en 1967, au large des côtes anglaises de Cornouailles), l'*Amoco Cadiz* (350 km de côtes polluées par 220 000 t de pétrole brut en 1978 près de Portsall, dans le nord du Finistère.

- **l'Exxon Valdez** : (40 000 t dans le nord du Pacifique en mars 1989, au large des côtes de l'Alaska), l'*Erika* (20 000 t de fioul touchant en décembre 1999 400 km de côtes du Finistère, de Loire-Atlantique, du Morbihan et de Vendée).

- **le Prestige** : naufragé au large des côtes de la Galice en novembre 2002.



Fig. 1: Photographies montrant l'épave de Trinidad en 1979, l'*Aegean Captain* et l'*Atlantic Empress*, qui ont déversé 270 000 t de pétrole dans la mer des Antilles.

Guillemaut – Draï, rapporte en 1991 [11] que la flotte mondiale de 35000 navires de commerce déverse chaque heure plusieurs milliers de m^3 d'eau issue de ports de régions lointaines. On estime à 600 000 tonnes le poids d'hydrocarbures rejetés dans les mers, bien que la pollution pétrolière due aux navires ait baissé de 60% entre 1981 et 1989. Au large, le taux moyen de matière organique est de l'ordre de 3 mg / l. Il est de 45 mg / l en zone côtière. Outre ces impacts de voisinage, les eaux marines côtières, les eaux douces des fleuves (largement utilisées par l'activité humaine) et directement, de nombreux rejets urbains, épurés ou non.

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 décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 (JORA 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.

Enfin, nous avons consacré la dernière partie de ce travail à l'identification et la quantification des métaux lourds dans les sédiments marins du golfe d'Annaba. Il s'agit de micropolluants minéraux rencontrés généralement sous le terme de métaux lourds bien que ce terme soit impropre. Dans la classification de Mendeleïev, tous les métaux du groupe de transition allant du chrome au zinc. C'est-à-dire comprenant outre ces 2 éléments le manganèse, le fer, le nickel et le cuivre. Cependant on constate très souvent qu'il est question entre autres du mercure, du cadmium, du plomb et même de l'arsenic. C'est pourquoi il est préférable d'utiliser le terme de micropolluants minéraux beaucoup plus général, pour éviter certaines confusions [12]. D'un point de vue physique, ce terme se rapporte aux éléments de densité supérieure à $5\text{g} / \text{cm}^3$ et pour les géologues, ce terme est utilisé pour désigner des éléments présents à l'état de traces dans l'environnement [13].

L'utilisation des diverses substances chimiques pour les besoins du développement industriel a entraîné dans presque toutes les régions du monde, une dissémination dans le milieu naturel de différents types de résidus toxiques et de sels des métaux lourds [14].

La pollution des eaux marines est pour sa part essentiellement localisée dans la zone côtière où s'écoulent fleuves, déversements d'usines et égouts. Dans un article intitulé «Chronique de la mer poubelle», l'hebdomadaire «Le Marin» (12 août 1994, p. 23), estime que l'homme rejette chaque année 5 millions de tonnes de déchets non organique à la mer.

Les micropolluants minéraux ne s'accumulent 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 micropolluants ont été classés selon leur similitude de toxicité comme suit:

Groupe A: Hg.

Groupe B: Fe, Mn, Al, Ti, V, Mo.

Groupe C: Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Au, Pr.

Groupe D: Sn, Pb.

Groupe E: As, Sb, Bi, Se, Te.

Groupe F: I, Br, F.

La présente étude a pour objectif l'évaluation de la qualité du milieu marin le long du golfe d'Annaba. Nous l'avons organisé comme suit:

Une 1^{ère} partie de concerne la localisation cartographique à l'aide de G.P.S. de 5 types de zones côtières dans lesquelles 20 stations ont été retenues il s'agit de:

- une zone de référence loin des sources de pollution (plage Ain Achir S20),
- des zones pertinentes (plages de baignade S et S émissaires Fellah Rachid et Rizi Amor),
- des zones d'effluents urbains (Port commercial S4, S5, port de pêche S6 et S7),
- des zones d'effluents industriels (Asmidal S 3),
- des zones d'embouchure d'oueds (Oued Seybouse S2).

La 2^{ème} partie aborde les paramètres physico-chimiques comme la température, le pH, l'O₂ dissous et la salinité de l'eau, elle a été réalisée dans le laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux (EMMAL).

La 3^{ème} approche est microbiologique, elle consiste en effet en une étude de la composition bactériologique des eaux de mer que nous avons analysé dans les laboratoires de microbiologie du centre de santé (CHU) d'Annaba.

La 4^{ème} prospection concerne la recherche d'hydrocarbures totaux dans les eaux littorales marines d'Annaba.

Enfin, la 5^{ème} et dernière partie concerne l'identification et la quantification des métaux lourds dans les sédiments marins du golfe d'Annaba. Ces 2 dernières opérations ont été réalisées dans les laboratoires de Skikda de la raffinerie et CP1K .

2. Matériels et méthodes.

2. Matériel et méthodes:

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 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 d'oueds et de la topographie du fond.

Nous avons opté pour une chronologie de mesures mensuelles *in situ* étalées entre avril 2004 et mai 2005. Elle a concerné 4 paramètres physico-chimiques, la température, la salinité, le pH et l'oxygène dissous de l'eau de mer. Ces analyses ont été effectuées dans 16 stations il s'agit de S1, 2, 3 (fig. 3), 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 et 20 (fig. 7).

Pour ce qui est des ports commercial et de pêche nous avons retenus seulement 2 stations par site il s'agit de : S4, S5, S6 et S7 (fig. 4). Toutes ces mesures ont été réalisées entre décembre 2004 et mai 2005.

2.1. Localisation G.P.S. des stations d'étude.

Nous avons retenus 20 stations que nous avons positionnées par guidage satellitaire (G.P.S.). Ces stations sont à cheval entre les communes d'El Bouni (S1 à S3) et Annaba (S4 à S20) (voir carte fig. 2).



Fig. 2 : Situations des stations d'étude sur le golfe d'Annaba. S1, S2 et S3 se trouvent dans la commune d'El Bouni et de S4 à S20 nous sommes dans la commune d'Annaba.

2.1.1. Secteur de la Commune d'El Bouni:

2.1.1.1. Concernant la station 1: Il s'agit de la plage Sidi Salem qui se trouve à l'Est de la ville d'Annaba dans la commune d'El Bouni entre les Oueds Seybouse et Mafrag (fig. 3). Cette zone initialement industrielle s'est vue transformée depuis 1995 en cité urbaine avec une population de plus de 30 400 habitants. Elle est autorisée à la baignade même si elle reste peu fréquentée. Cependant des embarcations artisanales de type petits métiers exercent des activités de pêches au large de cette station (S1) et leur nombre ne cesse d'augmenter.

2.1.1.2. Concernant la station 2: Embouchure de l'Oued Seybouse dans la commune d'El Bouni (fig. 3), principal cours d'eau de la baie d'Annaba de 160 km de long, il draine un bassin versant de 5955 km² avec un débit moyen annuel de 441 millions de m³. Il prend naissance dans les hautes plaines du sud d'Annaba (Harkata et Sella Ouanouna) entre 800 et 1000 m d'altitude. Ses affluents sont: Oued Charef, Oued EI-Rassol, Oued Mellah, Oued

Dahmen, Oued Krab, Oued Bouhamden, Oued Zenati, Oued El-kebir Oued Fregha et Oued Meboudja.

2.1.1.3. Concernant la station 3: Rejets industriels du complexe Asmidal qui se trouve au Nord-Est de la ville de Annaba dans la commune d'El Bouni (fig. 3) et fabrique des engrais phosphatés et azotés. Le complexe ASMIDAL est alimenté en eau par 2 sources : Centrale 1 qui fonctionne avec l'eau de barrage de *Bounamoussa* eau industrielle, Centrale 2: qui fonctionne avec l'eau de mer dessalée qui est aspirée par 2 pompes d'un débit de 1500 m³ chacune.

L'eau de mer est utilisée comme source de vapeur et d'énergie électrique, elle assure également les systèmes de refroidissement et avant son utilisation, elle est dessalée puis rejetées directement en mer sans traitement préalable.

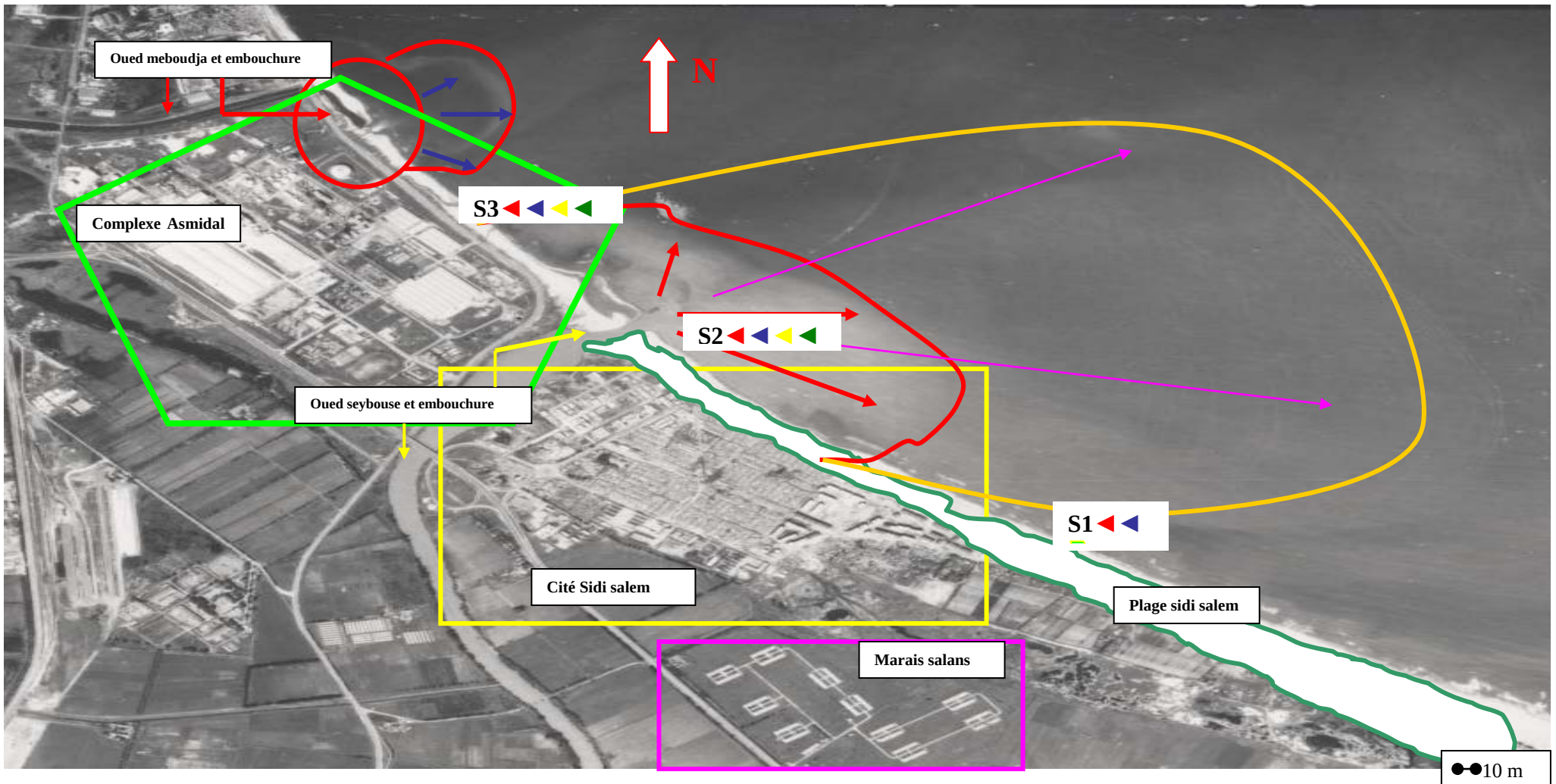


Fig. 3: Photographie aérienne montrant les stations 1 (plage sidi salem), 2 (embouchure de l'oued seyousse) et 3 (asmidal). ◀ paramètres physico chimiques de l'eau, ◀ bactériologie, ◀ Hydrocarbures totaux ◀ métaux lourds dans le sédiment. —▶ : dispersion primaire des eaux de l'oued mebouja —▶ : dispersion primaire de l'ouede Seybous. —▶ dispersion secondaire des eaux de l'oued seyousse.

2.1.2. Secteur de la Commune de Annaba:

2.1.2.1. Concernant les stations 4 et 5: Il s'agit du port commercial (figs. 4 et 5) qui géré par l'Entreprise Portuaire de Annaba (EPAn), assure le transit des passagers et des marchandises, il est soumis à diverses sources de pollutions dont 2 importants rejets urbains et des rejets industriels de 3 entreprises concessionnaires : Mittal Steel, Ferphos et Sonelgaz (centrale électrique). Le port commercial de Annaba est situé entre longitude Est 07° 47' 03 et latitude Nord 3 6° 54' 11".

En plus de la pollution bactérienne et organique générée par les 2 rejets urbains déversant directement dans les eaux du port (petite darse) on rencontre un autre type de pollution lié essentiellement à l'activité portuaire. Ce dernier est la conséquence d'un trafic maritime intense à l'origine de rejets de produits de vidange de cales, fuites d'hydrocarbures, d'huiles de graissage ou encore de produits chimiques, nettoyage des résidus de cargaisons, débordements résultant des opérations de chargement ou encore rejets de ballasts. Enfin, les rejets d'origine accidentelle sont souvent dévastateurs par les quantités qu'ils déversent en mer. Ils sont la conséquence de collision, d'explosion ou d'échouage de navires citernes.

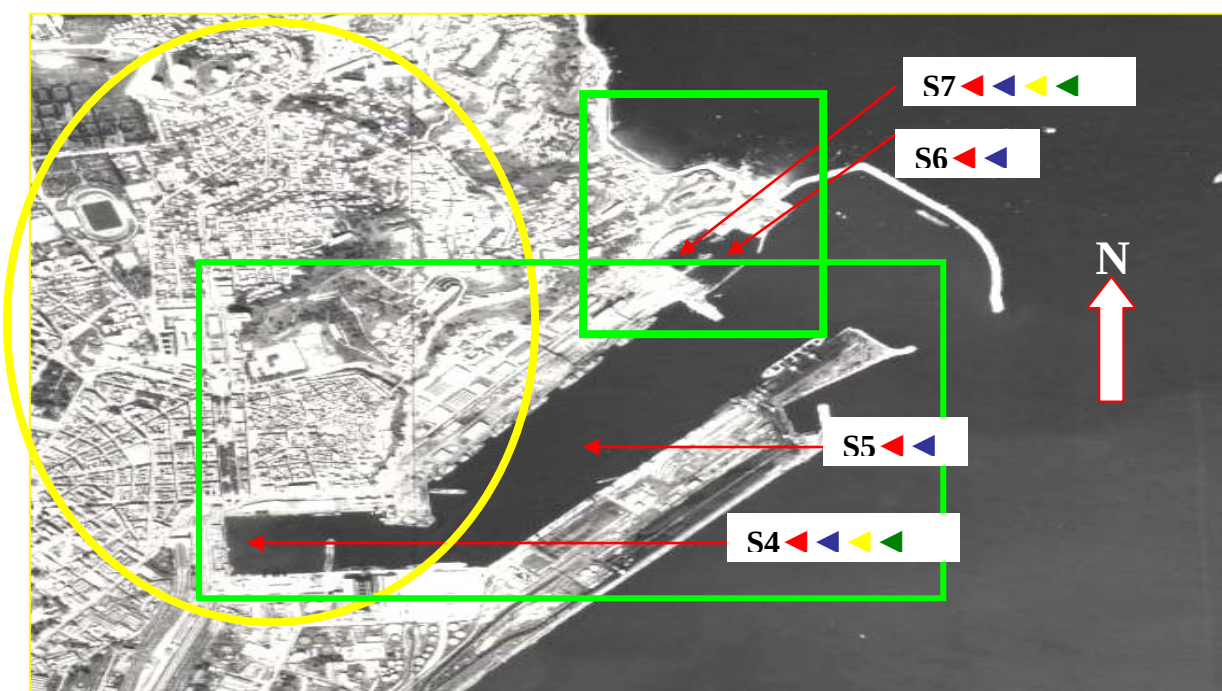


Fig. 4: Photographie aérienne montrant le port commercial avec les stations S4 et S5 et le port de pêche avec S6 et S7. Noter la concentration des habitations (cercle jaune) autours des 2 ports qui contiennent la majorité des rejets de la ville ◀ paramètres physico chimiques de l'eau, ▶ bactériologie, ▶ Hydrocarbures totaux ▶ métaux lourds dans le sédiment.



Fig. 5: Photographie montrant le port commercial d'Annaba.

2.1.3.2. Concernant les stations 6 et 7: Il s'agit du Port de pêche (la Grenouillère) (figs. 4 et 6) il se situe entre la longitude Est $36^{\circ}50'40''$ et la latitude Nord $07^{\circ}46'30''$. Il reçoit les eaux de lavage et parfois de ballastes des chalutiers et sardiniers ainsi que les rejets de l'usine SOGEDIA.

Les pollutions pouvant être générées dans les eaux du port de pêche sont le résultat de rejets opérationnels tels que les fuites diverses d'huiles ou autres en plus des eaux de lavage ou accidentels (explosion, collision ou échouage).



Fig. 6: Photographie montrant le port de pêche d'Annaba.

Après les ports, nous nous sommes intéressé aux 7 principales plages de baignade de la ville d'Annaba (S8 à S20) à raison de 2 prélèvements par plage.

2.1.2.3. Concernant les stations 8 et 9: Il s'agit de la plage Rezgui Rachid (ex saint cloud) (fig. 7) qui fait partie de la zone côtière centre dont les stations de prélèvement se trouvent en plein centre ville, elles reçoivent les rejets urbains des quartiers centre et Ouest d'Annaba sans traitement préalables. Il en est de même pour les eaux de pluie.

2.1.2.4. Concernant les stations 10 et 11: Il s'agit de la plage Rizi Amor (ex Chapuis) qui se situe au ouest de la ville d'Annaba, elle reçoit les rejets urbains des quartiers Ouest d'Annaba sans traitement préalables (fig. 7).

2.1.2.5. Concernant les stations 12 et 13: Il s'agit de la plage la Caroube (fig. 7) caractérisée par des sources ponctuelles de pollution notamment bactérienne conséquence de rejets domestiques des habitants de cette région.

2.1.2.6. Concernant les stations 14 et 15: Il s'agit de la plage Réfès Zahouane (ex Toch) (fig. 7). Cette plage fait partie de la zone côtière Ouest. Ce secteur est limité au Nord par le promontoire du cap de garde, à l'Est par la mer méditerranée, à l'Ouest par le mont de l'Edough, et au Sud par la cité Zaafrania.

2.1.2.7. Concernant les stations 16 et 17: On l'appelle plage Belvédère (fig.7). Cette plage est cernée de restaurants et d'hôtels qui déversent leurs eaux directement en mer. Cette grande partie de la zone d'étude est soumise l'été à un flux important des vacanciers qui constitue une source saisonnière supplémentaire de pollution particulièrement bactérienne.

2.1.2.8. Concernant la station 18: Il s'agit de la plage Militaire qui se situe à l'Est de la station Ain Achir (fig. 7).

2.1.2.9. Concernant la station 19: Cette station correspond se trouve dans la zone Est de la plage Ain Achir (fig.7).

2.1.2.10. Concernant la station 20: C'est l'extrême ouest de la plage Ain Achir (station de référence). Ce point est situé entre $36^{\circ} 57' 59.35''$ N et $7^{\circ} 47' 42.21''$ E et supposé n'être exposé à aucune sources de pollutions du fait de sa localisation assez éloignée des divers rejets (sauf pollution accidentelle occasionnée par le trafic maritime) ou par les vacanciers (fig. 7).

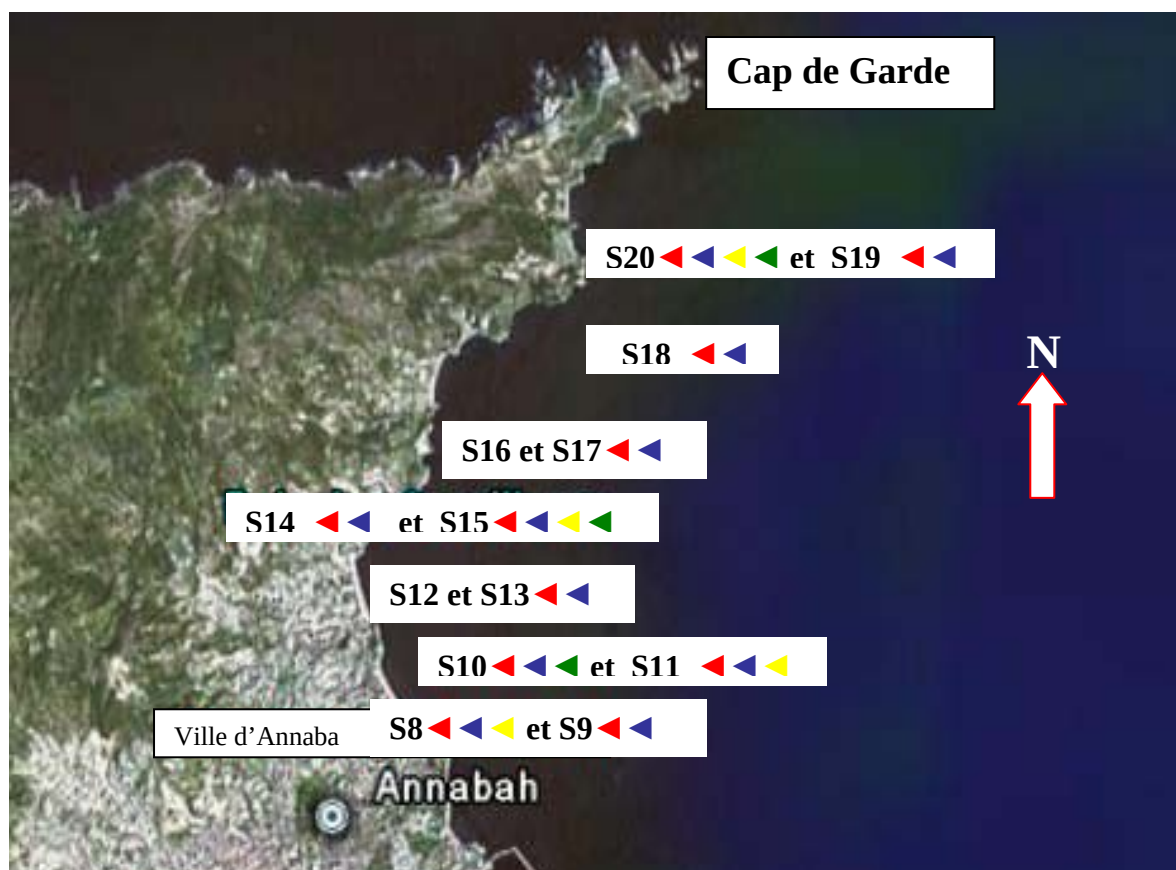


Fig. 7: Image satellitaire montrant les stations 8 et 9 (plage Saint Cloup), 10 et 11 (plage Chapui), 12 et 13 (plage la Caroube), 14 et 15 (plage Belvedere), 16 et 17 (plage Toch), 18 (plage Militaire) et S9 et S20 (plage Ain Achir). ◀ paramètres physico chimiques de l'eau, ▶ bactériologie, ▶ Hydrocarbures totaux et ▶ métaux lourds dans le sédiment.

2.2. 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 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 d'oueds, de la topographie du fond etc.

2.2.1. Chronologie et technique de mesure des paramètres physico-chimiques :

Nous avons quantifié mensuellement entre avril 2004 à mai 2005, 4 paramètres physico-chimiques de l'eau de mer de 16 stations (S1 à S3 et S8 à S20) (tab.4). Il s'agit de la température, la salinité, le pH et l'O₂ dissous. Pour les ports commercial (S4 et S5) et de pêche (S6 et S7), cette opération a eu lieu de décembre 2004 à mai 2005.

Tableau 4 : Représentation des stations de prélèvement. Les stations sont choisies en tenant compte des emplacements des rejets urbains ou industriels.

N°	Station	N°	Station
1	Plage Sidi Salem	11	Rizi Amor
2	Embouchure de l'Oued Seybouse	12	La Caroube
3	Rejets d'Asmidal	13	La Caroube
4	Port commercial	14	Réfès Zahouen (ex Toch)
5	Port commercial	15	Réfès Zahouen
6	Port de pêche	16	Belvédère
7	Port de pêche	17	Belvédère
8	Plage Rezgui Rachid (ex Saint Cloud)	18	Plage Militaire
9	Plage Rezgui Rachid	19	Plage Ain Achir
10	Plage Rizi Amor (ex Chapuis)	20	Plage Ain Achir (plage de référence)

Au total, 864 mesures ont été effectuées, nous avons utilisé un multi paramètres de terrain Consort C535, qui nous a permis de déterminer la température, salinité, pH, O₂ dissous et la conductivité des eaux mer à – 50 cm. Nous avons opéré comme suit :

1. Etalonnage pour calibrer l'appareil pour chaque paramètre mesuré.
2. Immerger la sonde correspondant à chaque paramètre considéré dans l'eau prélevée dans un flacon stérile pendant 30 secondes, le résultat de la mesure s'affiche et se stabilise sur l'écran.
3. Le résultat affiché est reporté sur des fiches préalablement préparées.

Les sondes sont rincées à l'eau distillée puis tamponnées avec du papier absorbant après chaque mesure.

2.2.2. Techniques d'identification et de quantification des bactéries.

Une série de 216 prélèvements de l'eau de mer est effectuée mensuellement d'Avril 2004 à Mai 2005 pour les 16 stations des principales plages d'Annaba réparties d'Est en Ouest et de Décembre à Mai 2005 pour les 4 stations des ports de commerce et de pêche.

Ces prélèvements ont été analysés au laboratoire de SEMP (service d'épidémiologie et de médecine préventive) du Centre de Santé - C.H.U. d'Annaba, pour identifier et quantifier:

- Les coliformes totaux.
- Les coliformes fécaux.
- Les streptocoques fécaux.

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre de 250 ml soumis au préalable à un nettoyage rigoureux (un rinçage à l'eau potable puis à l'eau distillée) sèches, bouchés et stérilisés à 170 °C (au four Pasteur). Pour les eaux de baignade, les prélèvements sont effectués au moins à 2 m du rivage. Le flacon de prélèvement est tenu de sa base, le goulot vers le bas, enfoncé à -50 cm environ au dessous de la surface de l'eau puis ouvert. Il est tourné pour le redresser légèrement, l'orifice face au courant éventuel. Une fois le prélèvement effectué, le flacon est bouché, étiqueté et placé dans une glacière à l'abri de la lumière et à une température comprise entre 4 et 6 °C (Recommandations préconisées par l'O.M.S. / PNUE [15], pour la surveillance des eaux côtières) [16].

L'analyse au laboratoire est réalisée 6 à 8 heures après le prélèvement de l'échantillon [17].

Tous les prélèvements sont accompagnés d'une fiche de renseignements sur laquelle on note :

- le lieu de prélèvement.
- la date et heure de prélèvement.
- l'état de la mer.
- la direction du vent.

2. 2. 2. 1. Techniques d'analyse.

Les résultats analytiques de la quantité bactériologique de l'eau de mer totalisent un nombre de 648 résultats obtenus à raison de 3 germes recherchés pour chaque station, retenus au cours de la période d'étude. La recherche et le dénombrement des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des Streptocoques fécaux est réalisé par une méthode basée sur le test de fermentation des tubes multiples, afin de déceler le NPP (nombre le plus probable) de germes dans 100 ml d'eau et ce par incubation en milieux liquides. Cette méthode est préconisée par l'unité de coordination du plan d'action pour la méditerranée (PAM), [17].

2.2.2.2. Appareillages utilisés:

- Glacière.
- Flacons de 250 ml.
- Fiche des stations.
- Pipettes Pasteur.
- Portoirs.
- Etuve.
- Bec Benzène.
- Table de NPP de Mac Crady.

2.2.2.3. Milieux de cultures pour la recherche des coliformes:

La recherche et le dénombrement des coliformes ont nécessité:

- Milieu lactose au Pourpre de Bromocrésol: (BCPL) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C) muni d'une cloche de Durham.
- Bouillon lactose bilié au vert brillant (VBL) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C), muni d'une cloche de Durham.
- Eau peptonée exempte d'indole avec double concentration (D/C) et simple concentration (S/C).
- Réactif d'Erlisch Kovaks.

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. Cette recherche comporte 2 phases de test l'un présomptif et l'autre confirmatif.

2.2.2.3.1. Test présomptif :

Pour ce test nous utilisant le milieu BCPL D/C et S/C, 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 D/C avec 10 ml de l'échantillon.
- Trois tubes de BCLP S/C avec 1 ml de l'échantillon.
- Trois tubes de BCPL S/C avec 0,1 ml de l'échantillon.

Pour permettre l'homogénéisation des contenus, les tubes sont agités avec précaution de ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham. La lecture se fait après 48 heures d'incubation dans une étuve à 37 °C. Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur

jaune et des 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 (annexe 1) pour obtenir le nombre des Coliformes totaux présents dans 100 ml d'échantillon.

2.2.2.3.2. Test confirmatif:

A partir de chaque bouillon BCPL positif pour la recherche des Coliformes totaux nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans chacun des 2 tubes, l'un du milieu VBL muni d'une cloche de Durham, l'autre du milieu de Schubert après incubation de 24 h dans une étuve à 44 °C tous les tubes des milieux VBL qui présentent un trouble bactérien et un dégagement de gaz dans la cloche du durham confirment la présence des coliformes totaux. Les tubes de milieu de Schubert correspondants à des tubes positifs de VBL additionnées au réactif de Kovacs laissant apparaître un anneau rouge cerise en surface confirment la production d'indole. Ils sont considérés comme positif c'est-à-dire comme contenant des Coliformes fécaux. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportés aux tables de NPP pour obtenir le nombre de Coliformes fécaux présents dans 100 ml d'eau (fig. 8).

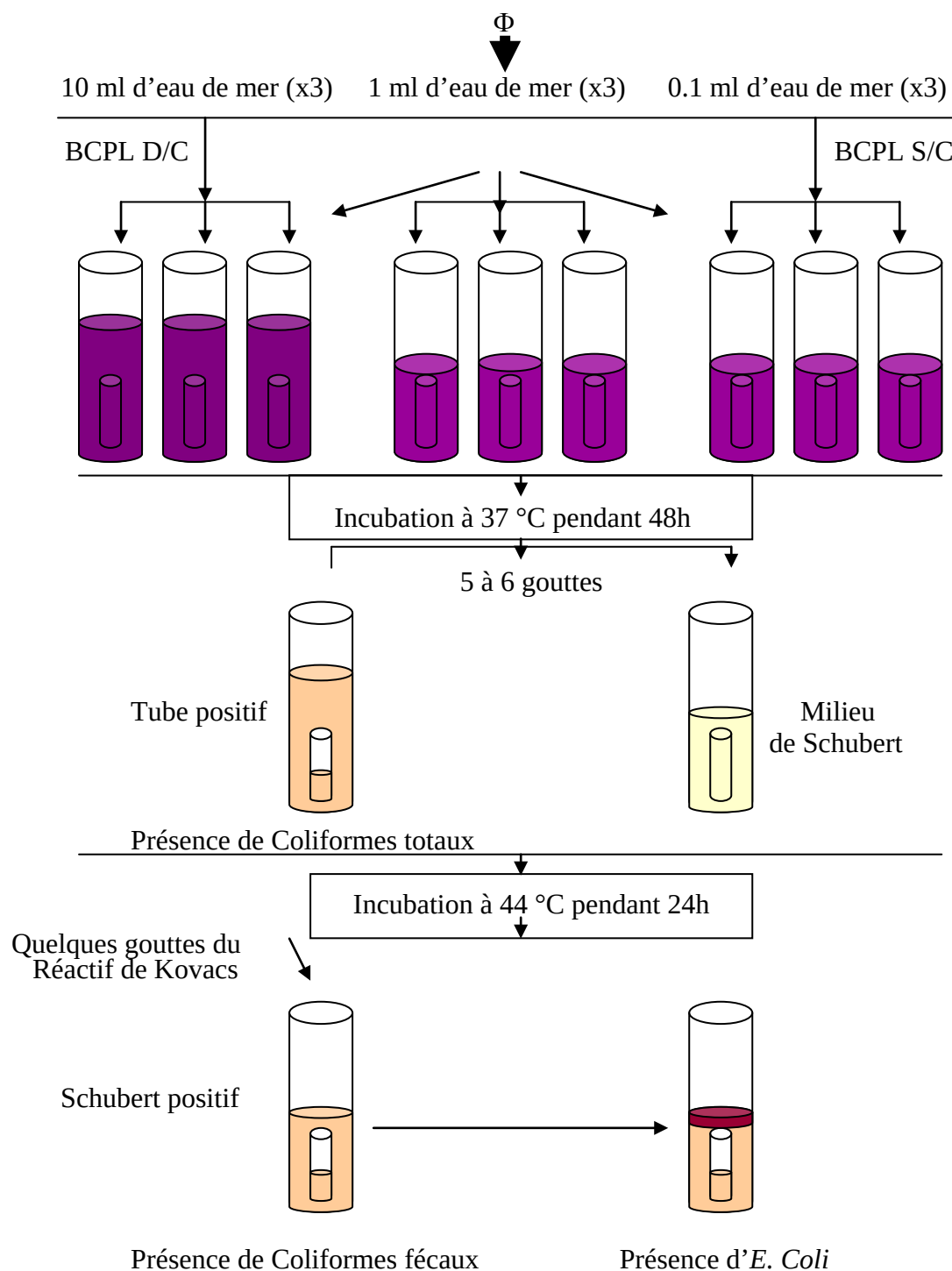


Fig. 8: Schématisation de la recherche et du dénombrement des Coliformes (Colimétrie).

2.2.2.4. Milieux de cultures pour rechercher les streptocoques totaux.

- Bouillon à l'acide de sodium (bouillon de Rothe) D/C et S/C.
- Bouillon à Méthyl violet et azide de sodium (EVA) D/C et S/C.

Les streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale car tous, ont un habitat fécal: cependant, leur spécificité ne sciait 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. La recherche des coliformes comporte 2 phases de test l'une est représentée par le test présomptif et l'autre par le test confirmatif.

2.2.2.4.1. 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 100 ml de l'échantillon.
- Trois tubes de Rothe à S/C avec 1 ml de l'échantillon.
- Trois tubes de Rothe à S/C avec 0,1 ml de l'échantillon.

Les tubes sont agités pour une homogénéisation. La lecture se fait après 48h d'inoculation 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.

2.2.2.4.2. Test confirmatif.

Après agitation, à partir de chaque milieu de Rothe positif, nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans un tube de 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 100 ml d'échantillon

2.2.2.5. Expression des résultats:

Les résultats sont exprimés sous la forme suivante:

- Nombre le plus probable de Coliforme totaux / 100ml d'échantillon.
- Nombre le plus probable de Coliforme 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 : *Streptocoques faccalis*, *S. faecium*, *S.durans*, *S. bovis*. *S. equinus*. Ces Streptocoques de groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale (fig. 9).

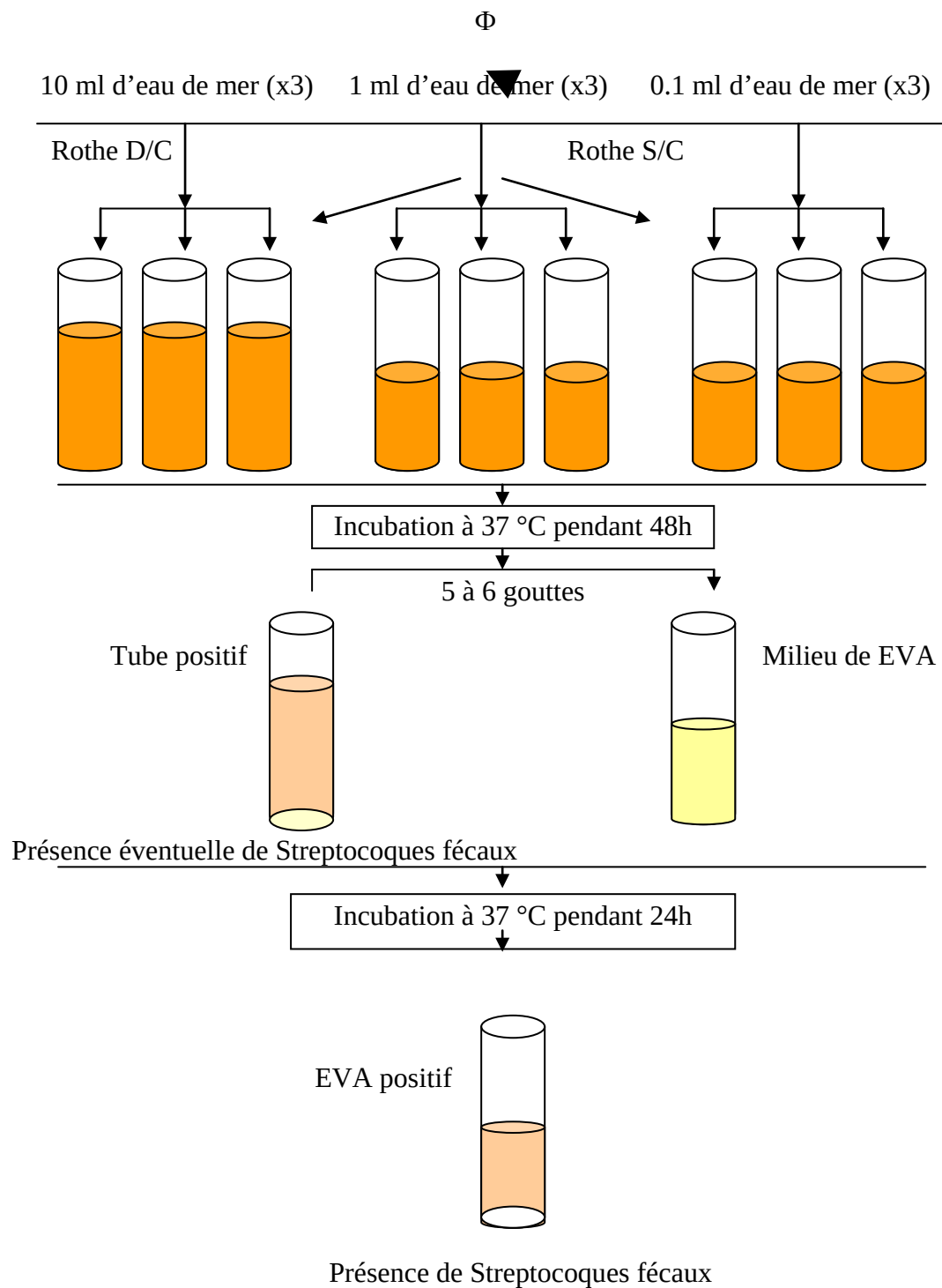


Fig. 9: Schématisation de la recherche et du dénombrement des streptocoques fécaux.

2.2.2.6. Indice de Bourgeois.

La détermination pratique de l'origine de la pollution fécale est estimée par l'indice de Bourgeois (1980) [18]. Il s'agit du rapport C_f / S_f qui oriente vers la source de contamination selon la tab. 5.

Tableau 5 : Représentation des sources probables de contamination des eaux [19].

	Sources probables de contamination
CF/SF < 1	Les déchets de bétail ou de basse cour et Animale
CF/SF > 1	Humaine

2.2.3. Techniques d'identification et de quantification hydrocarbures totaux.

2.2.3.1. Sites et méthode d'échantillonnage:

Nous avons recherché et quantifié dans 48 échantillons d'eau les hydrocarbures totaux mensuellement de janvier à juin 2005. Les sites de prélèvement ont été choisis en tenant compte des sources de pollution en amont, notamment, les effluents industriels ainsi que les rejets occasionnés par la navigation dans le golfe d'Annaba.

Huit sites de prélèvement (fig. 2 et tab. 6) répartis d'Est en Ouest ont été retenus.

Tableau 6: Stations de prélèvement d'échantillons d'eau pour l'analyse des hydrocarbures totaux.

Station	Localité
2	Oued Seybouse
3	Asmidal
4	Port commercial
7	Port de pêche
8	Rezgui Rachid
11	Rizi Amor
15	Réfès Zahouen
20	Ain Achir

L'eau est prélevée sur -0.5 m 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 conformément aux recommandations de la Commission Océanographique Internationale (C.O.I. (1985).

Les flacons sont préalablement nettoyés et rincés, au préalable, comme indiquer par Rousselet (1983) [20], ci-après :

on opère comme suit:

- 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 de 48 échantillons, nous avons utilisé un flacon attaché à un flotteur par une ligne de 1 m de long, une 2^{ème} ligne de récupération est fixée au flotteur pour permettre de ramener le flacon à bord. Lorsque la pilotine est presque complètement arrêtée et qu'elle dérive lentement, le flacon est lancé par dessus 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'environ 1 m 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. Nous prélevons 500 ml d'eau pour l'analyse.

2.2.3.2. Principe de la méthode :

Les hydrocarbures totaux sont extraits de l'échantillon à analyser par le N- hexane (C_6H_{14}). L'extrait est déshydraté sur un absorbant puis analysé par spectrophotométrie infrarouge.

2.2.3.3. Matériels utilisés :

Pour quantifier les hydrocarbures totaux nous avons utilisé:

- Ampoules à décanter de 500ml
- Epruvettes graduée de 50ml
- Pipettes
- Papier filtre sans graisse (type Durieux n° 111)

Toute la verrerie est soigneusement lavée au détergent et abondamment rincée à l'eau distillée puis au CCl_4

- 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.

- Acide chlorhydrique (HCl) à 50%
- Sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4)
- N-Hexane (C_6H_{14}).

2.2.3.4. Mode opératoire:

2.2.3.4.1. Extraction de l'eau de mer:

L'extraction est accomplie 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 50 ml de N-Hexane, 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 15 min et laisser reposer 10 min,
- 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.

2.2.3.4.2. Technique de mesure:

On a utilisé un spectrophotomètre infrarouge à double faisceau et on a procédé comme suit:

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

2.2.3.4.3. Expression des résultats:

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

$1 < A < 20 \text{ mg/l}$ donc [hydrocarbures] mg/l = $A \times 0.1554$

$21 < A < 100 \text{ mg/l}$ donc [hydrocarbures] 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.

2.2.4. Techniques d'identification et de quantification des métaux lourds.

2.2.4.1. 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 Annaba. Sept stations ainsi définies se répartissent comme suit (fig. 2 et tab. 7):

Tableau 7 : Représentation des stations et localités concernées par l'identification et la quantification des métaux lourds dans le sédiment superficiel.

N° de Station	Localité
2	Oued Seybouse
3	Asmidal
4	Port commercial
7	Port de pêche
10	Rizi Amor
15	Réfès Zahouen
20	Ain Achir

Les prélèvements du sédiment ont été effectués en Février 2005 et pour chaque site, la concentration de 10 métaux lourds (Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Pb, Cd, Fe, Hg et As) a été déterminée.

Les prélèvements du sédiment sont faits avec l'aide d'un plongeur. Comme pour le carottier boîte, 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 est fonction 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 avant d'être congelée pour analyse ultérieure [21].

2.2.4.2. Analyse des échantillons:

Les analyses du sédiment, au nombre de 70, ont concernés 10 éléments minéraux prélevés dans 7 stations en tenant compte des caractéristiques indiquées dans le tab. 8.

Tableau 8 : Caractéristiques des stations de prélèvement des sédiments superficiels pour quantifier les métaux métalliques.

Stations	02	03	04	07	10	15	20
Température en °C	14,75	15,0	15,12	15,07	14,80	14,55	14,35
Profondeur	3,5 m	3,5 m	10 m	9 m	4 m	4 m	4 m
Distance du rivage	10 m	10 m	Petite darse	Quai nord	12 m	10m	11m
Nature du sédiment	Sable fin	Sable fin	Vase	Vase	Sable fin	Sable grossier	Sable grossier

2.2.4.2.1. 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 signale Aminot et *al.* (1983) [22], cependant, il semble nécessaire de préconiser un mode opératoire unique, applicable par 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, nous avons utilisé la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique à flamme pour identifier et quantifier la pollution métallique. Cette technique consiste à porter les éléments à leur état atomique sur le trajet d'un rayon lumineux (lampe cathodique) et à effectuer simultanément une mesure de l'absorption à une longueur d'onde spécifique des atomes formés.

2.2.4.2.2. Appareillages et réactifs utilisés:

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

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

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

- Etuve
- Tamiseur (type Retsch) et tamis de maillages adéquats
- Balance de précision
- Bain de sable
- Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (type AA-680 Shimadzu) équipé d'une imprimante graphique (type PR-5 Graphic printer)

Comme réactifs nous avons utilisé :

- Acide nitrique (HNO_3) 3 mol/l
- Acide chlorhydrique (HCl)
- Solution de Lanthane (La_2O_3)

2.2.4.2.3. Mode opératoire:

Phase pré analytique: après décongélation, le sédiment est soumis à une phase pré analytique qui consiste en:

- Séchage: 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 nous a semblé meilleur de choisir la coupure à 63 μm . Une fois séché, le sédiment est broyé délicatement 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 63 μm d'ouverture de maille [22].

Phase analytique: elle correspond à la digestion du sédiment: des précautions préliminaires sont prises lors du rinçage des récipients de digestion à l'eau de grande pureté (eau bi distillée) et à l'acide nitrique (HNO_3) 3 mol/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 100 ml.
 - Mouiller avec 70 ml d'eau bi distillée.
 - Ajouter 5 ml d'HCl, opérer avec précaution (bouillonnement, projection...)
 - Ajouter 25 ml 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 gouttes d'HCl 1mol/l
 - Chauffer au bain de sable pendant ½ h avec homogénéisation toutes les 5 min.
 - 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 100 ml.
 - Ajouter 1ml de solution de Lanthane.
 - Ajuster à 100 ml 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 au Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ et Na⁺⁺ pour effectuer des mesures directes dans les meilleures conditions possibles, nous nous sommes servis de solutions étalons contenant diverses 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.

2.3. Normes de qualité utilisées:

Pour nous permettre d'apprécier les résultats des paramètres physico-chimiques, bactériologiques, hydrocarbures et métaux lourds nous avons représenté dans chaque courbe les limites selon la réglementation Algérienne en vigueur (1991) (voir tab. 9).

Tableau 9. Qualité requise des eaux de mer (baignade) (Extrait du décret exécutif n° 93-164 du 10/07/1993 JORA n°46).

Paramètres	Unités	Valeurs guides	Valeurs limites
Température	°C	-	30
pH	-	6,5	8,5
Salinité	‰	-	35
O ₂ dissous	%	80	120
Coliformes totaux	Germes / 100 ml	500	10 000
Coliformes fécaux	Germes / 100 ml	100	2000
Streptocoques fécaux	Germes / 100 ml	100	0
Hydrocarbures totaux	mg/l	-	20
Cadmium	mg/Kg	-	3
Chrome	mg/Kg	-	250
Cuivre	mg/Kg	-	150
Mercure	mg/Kg	-	1.5
Plomb	mg/Kg	-	250
Zinc	mg/Kg	-	500
Nickel	mg/Kg	-	75
Arsenic	mg/Kg	-	-
Fer	mg/Kg	-	5000
Manganèse	mg/Kg	-	500

La prise en compte de la pollution métallique dans le sédiment superficiel d'un point de vue réglementaire étant différente d'un pays à l'autre, le tableau 10 donne un résumé des normes hollandaises [23], [24], Algériennes [25] et aux normes françaises (Agence du bassin du Rhône, (1998) [26] (tab. 11), auquel nous ferons référence.

Tableau 10 : 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
Mn	-	-	-		500
Fe	-	-	-		5000

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 d'une teneur en polluant excédant la limite C (classe 4), le sédiment est fortement pollué.

L'expression des résultats selon les normes Hollandaises et Recommandations Algériennes s'exprime selon la formule de Joanny et *al.*, (1983) [27] où la concentration C_{Me} de l'élément métallique dans le sédiment est obtenue comme suit:

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

Avec :

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

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

M : Masse du sédiment minéralisé (kg)

Les résultats sont exprimés en mg métal par kg de sédiment sec.

Pour ce qui est des normes françaises (tab. 11), l'évaluation des polluants métalliques dans les sédiments est appréciée par le calcul de l'indice de contamination (I.C.) dont l'expression est préconisée par l'Agence de bassin du Rhône.

Tableau 11: Normes Françaises pour l'évaluation des polluants métalliques dans les sédiments. (Agence du bassin du Rhône, (1998) [27].

Métal lourd	mg / kg
Arsenic	10
Cadmium	0,6
Cuivre	26
Chrome	45
Mercure	0,2
Plomb	22
Zinc	88
Fer	2000
Manganèse	400
Nickel	45

Cet indice correspond au rapport entre la valeur considérée comme normale est ce qui est effectivement quantifié dans le sédiment.

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

Par exemple, des teneurs en Arsenic de 50 mg/kg dans les sédiments correspondent à un indice de contamination de 5 (50/10).

Les valeurs de cet indice permettent de classer 3 degrés de pollution (tab. 12).

Tableau 12 : Représentations des 3 classes de pollution des sédiments en fonction des valeurs des I. C. (Agence du Bassin du Rhône (1990) [25].

Indice de contamination	classement	Interprétation
Ic < 3	classe 1	zone normale
3 < Ic < 10	classe 2	zone polluée
Ic > 10	classe 3	zone à risque

3. Résultats

3.1. Positionnement G.P.S des stations d'étude

3. Résultats :

3.1. Positionnement G.P.S. des stations d'étude.

Les stations, préalablement définies en fonction de leur nature ont été localisées par GPS (tab. 13).

Tableau 13: Localisations GPS des 20 stations d'étude retenues dans le golfe d'Annaba.

Statio	Type	Nature de la zone	Position GPS	Commune
S1	Plage Sidi Salem	Plage de baignade	36° 51' 42'' N 07° 46' 59'' E	El Bouni
S2	Oued Seybouse	Embouchure d'oued	36° 52' 03'' N 07° 46' 29'' E	El Bouni
S3	Asmidal	Rejet industriel	36° 52' 14'' N 07° 46' 10'' E	El Bouni
S4 et 5	Port commercial	Rejets urbain et industriel	36° 54' 11'' N 07° 47' 03'' E	Annaba
S6 et 7	Port de pêche	Rejets urbains	36° 50' 40'' N 07° 46' 30'' E	Annaba
S8	Plage Rezgui Rachid 01	Rejets urbains	36° 54' 36'' N 07° 46' 02'' E	Annaba
S9	Plage Rezgui Rachid 02	Rejets urbains	36° 54' 59'' N 07° 46' 10'' E	Annaba
S10	Plage Rizi Amor 01	Rejets urbains	36° 55' 09'' N 07° 45' 16'' E	Annaba
S11	Plage Rizi Amor 02	Rejets urbains	36° 55' 22'' N 07° 45' 56'' E	Annaba
S12	Plage La Caroube 01	Rejets urbains	36° 55' 34'' N 07° 45' 44'' E	Annaba
S13	Plage La Caroube 02	Rejets urbains	36° 55' 39'' N 07° 45' 16'' E	Annaba
S14	Plage Réfes Zahouen 01	Rejets urbains	36° 55' 44'' N 07° 45' 42'' E	Annaba
S15	Plage Réfes Zahouen 02	Rejets urbains	36° 55' 50'' N 07° 45' 49'' E	Annaba
S16	Plage Belvédère 01	Rejets urbains	36° 55' 54'' N 07° 45' 50'' E	Annaba
S17	Plage Belvédère 02	Rejets urbains	36° 55' 59'' N 07° 45' 55'' E	Annaba
S18	Plage Militaire	Plage de baignade	36° 56' 16'' N 07° 46' 01'' E	Annaba
S19	Plage Ain Achir 01	Plage de baignade	36° 56' 28'' N 07° 46' 03'' E	Annaba
S20	Plage Ain Achir 02	Zone de référence	36° 57' 59'' N 07° 47' 42'' E	Annaba

3.2. Résultats des paramètres physico – chimiques de l'eau.

3.2. Résultats des paramètres physico chimiques.

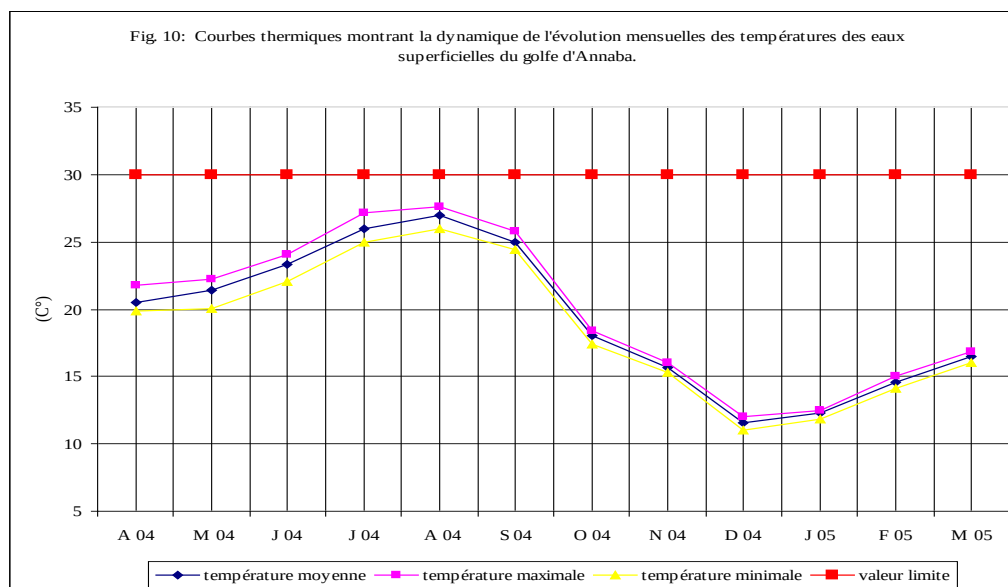
La température, le pH, O₂ dissous et la salinité ont été mesurés dans 20 stations. Pour une meilleure exploitation des résultats nous les représentons en : Plages S1, 2, 3, 8 jusqu'à 20 et Ports S4 à S7.

3.2.1. Concernant les plages S1, 2, 3, 8 jusqu'à 20:

3.2.1.1. La Température:

D'avril 2004 à février 2005, les variations mensuelles dans les 16 stations (voir annexe 4) sont caractérisées par une température minimale de 11 °C enregistrée en décembre en S 19 et une maximale qui s'élève à 28,75 °C relevée en août dans les eaux de la S 3. Durant le cycle d'étude, les valeurs enregistrées restent en dessous de 30 °C (valeur limite Algérienne).

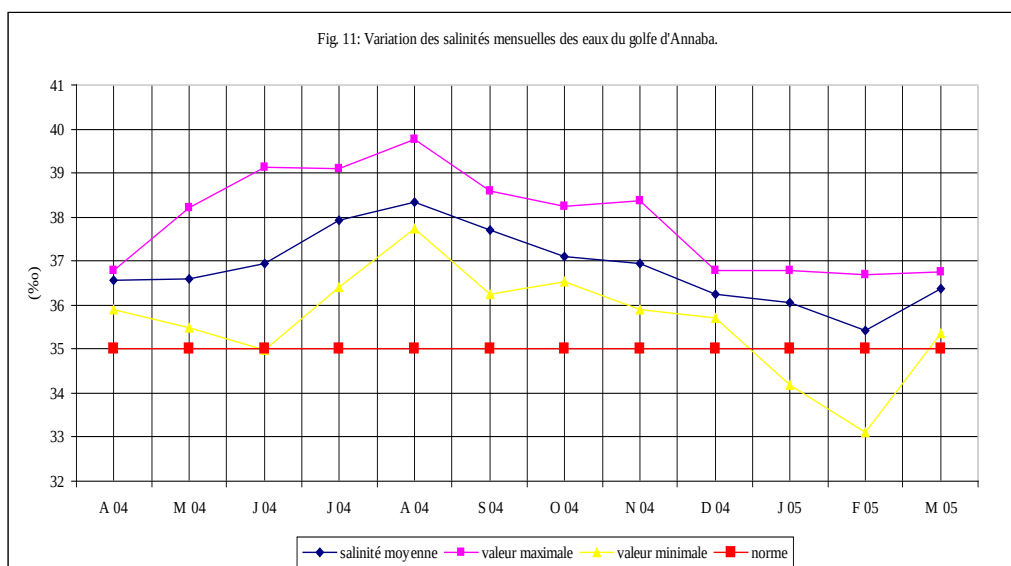
D'après l'allure générale de la courbe représentative de la température moyenne temporelle obtenues à l'échelle de la baie (fig. 10), on peut déceler 2 grandes périodes thermiques, une chaude d'avril à septembre avec un minimum de 20,53 °C en avril et un maximum de 27,06 en août et une période froide d'octobre à mars avec un minimum de 11,57 °C en décembre et un maximum de 16,84°C en mars. Les eaux de la baie d'Annaba ne présentent pas une pollution thermique.



3.2.1.2. La Salinité:

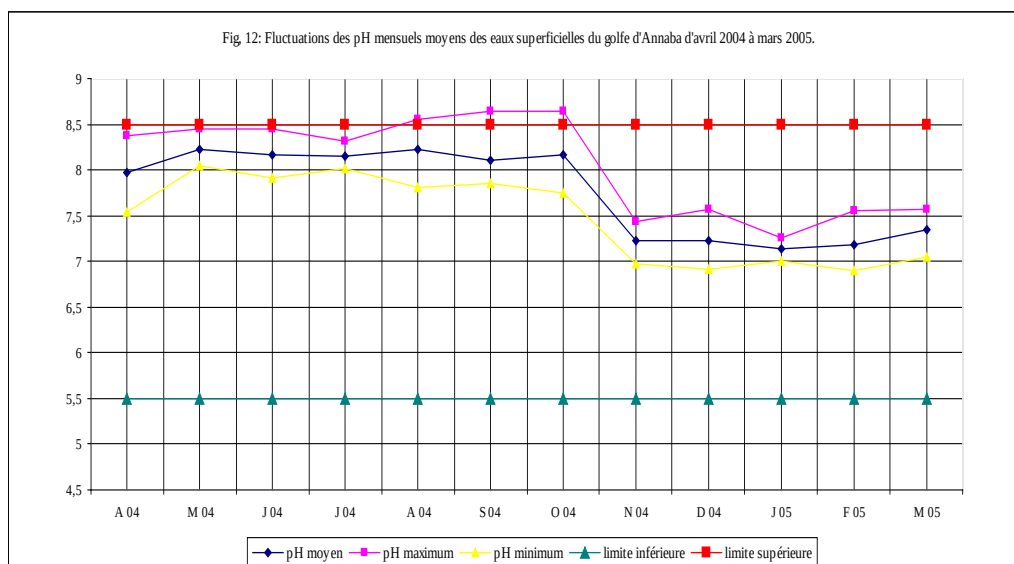
La salinité étant définie conventionnellement comme la masse en g des composés solides séchés à poids constant à 480 °C, obtenu à partir de 1 Kg d'eau de mer, il est supposé que la matière organique a été oxydée, le brome et l'iode remplacés par leurs équivalents en

chlore et les carbonates en oxydes. Les taux des salinités mensuelles des eaux dans les 16 stations (annexe 5) du golfe d'Annaba varient entre 33,1‰ en février 2005 et 39,75‰ en août 2004 dans la même station (S9 plage Rezgui Amor). La fig.11 montre que les concentrations mensuelles de la salinité moyenne sont au delà de la valeur limite de 35 ‰ (Recommandations Algériennes (1991)). Du point de vu salinité les eaux du golfe d'Annaba sont polluées.



3.2.1.3. Le pH:

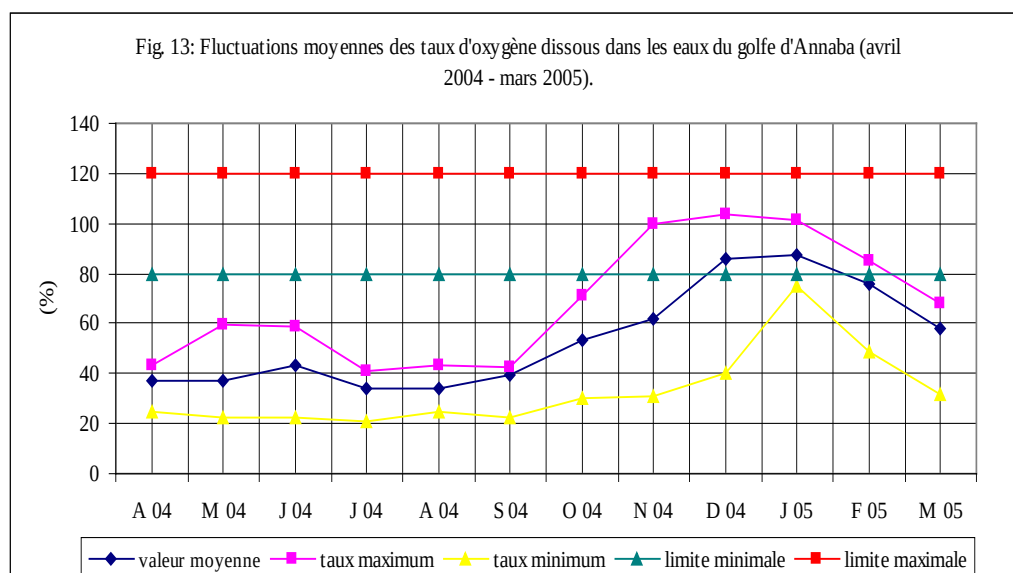
Les valeurs mensuelles des pH des eaux dans les 16 stations de la baie d'Annaba sont supérieures à 7, le pH est donc alcalin dans 13 stations et neutre dans les 3 autres S18, S19 et S20 en décembre; avec un minimum de 6.91 pour le site 19 (Ain Achir) et un maximum de 8,8 pour le site 3 (Asmidal) en juin, où il y a un léger dépassement de 0,3 de la valeur limitée supérieure (valeurs limites selon les recommandations Algériennes (1991) (annexe 6). Nous pouvons ainsi considérer que du point de vu pH, les eaux du golfe d'Annaba ne présentent pas de pollution. (fig. 12).



3.2.1.4. L'Oxygène dissous.

Le taux de saturation en O_2 dissous fluctue entre 103,3% en décembre pour le S20 (Ain Achir) et 21,1 % pour S 13 (la Caroube) en juillet. D'avril à novembre 2004 et en mars 2005, les valeurs enregistrées sont $< 80\%$, valeur limite inférieure (VLI) alors qu'en décembre 2004 et janvier 2005 les taux de saturation en O_2 dissous sont compris entre 80% (VLI) et 120% (VLS) valeur limite supérieure. Notons la particularité de la S2 (Oued Seybouse) et la station S3 Asmidal. (annexe 7)

La fig. 13 montre que la variation du taux moyen de la saturation en O_2 dissous est dans tous les cas $< 80\%$ (VLI).



Pour permettre d'avoir une idée sur la dynamique de l'évolution des paramètres physico-chimiques dans les eaux des plages du golfe d'Annaba nous avons regroupé tous les résultats dans la fig. 14.

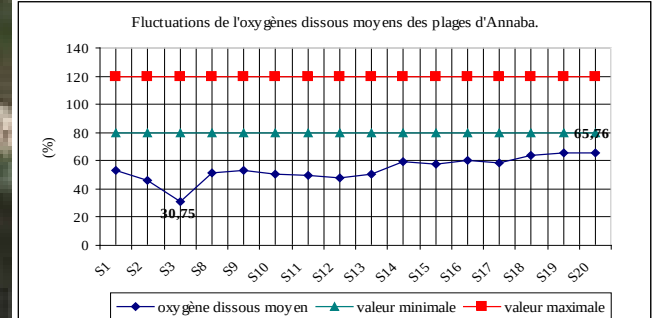
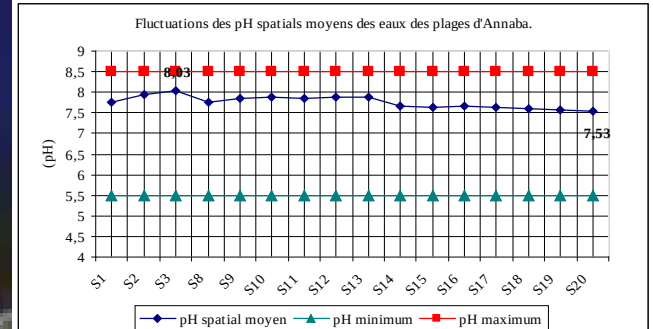
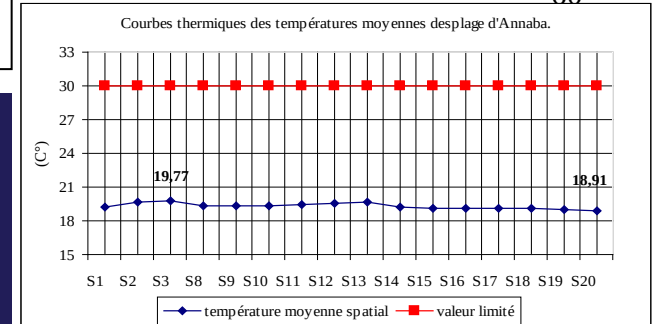
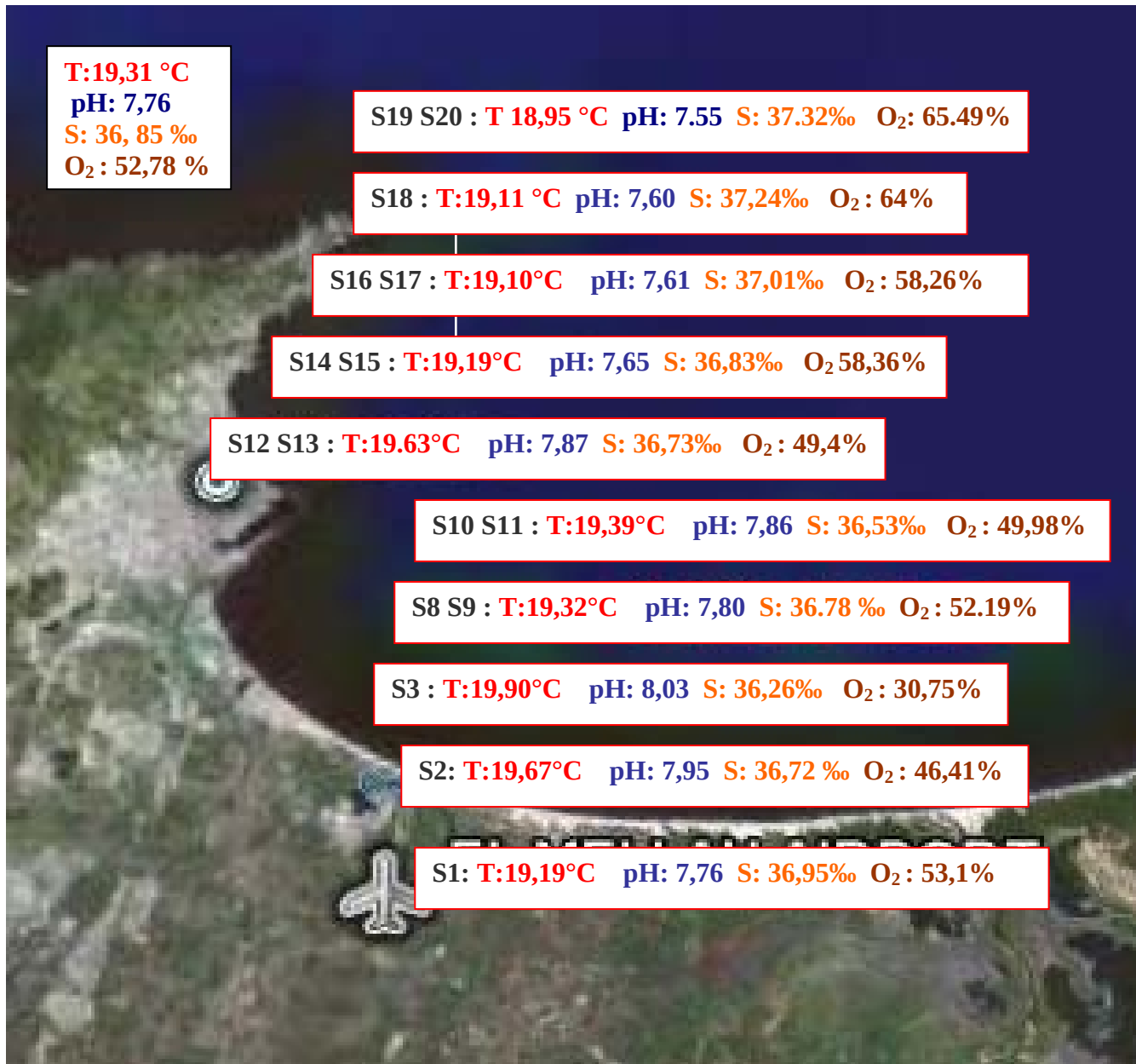
3.2.1.5. Résultats cumulatifs.

Les eaux des plages du golfe d'Annaba se caractérisent par une température moyenne de 19,31°C avec une salinité de 36,85 ‰, un pH moyen de 7.76 avec une saturation en O₂ dissous de 52,78 %.

La fig. 14 montre que la variation spatiale des températures moyennes est peu significative d'un site à l'autre avec une moyenne maximale de 19,77 °C pour le site 3 et une moyenne minimale de 18,91 °C pour le site 19 avec une salinité maximale de 36,95 ‰ pour le site 20 et minimale pour le site 2 avec 36,26 ‰. Le pH moyen de tous les sites considérés est faible (peu significatif). Ces valeurs sont marquées par un maximum de 8,03 pour le site 3 et un minimum de 7,53 pour le site 20. Les valeurs du pH moyen (6,5) sont bien au delà de la VLI (5,5), alors que la variation spatiale du taux moyen de saturation en oxygène dissous est caractérisée par un maximum de 65,76% pour le site 20 (Ain Achir) et un minimum de 30,25% pour le site 03 (Asmidal).

Il apparaît clairement que les valeurs moyennes du taux de saturation en oxygène dissous de tous les sites considérés sont en dessous de la VLI: (80%) et de la VLS: (120%).

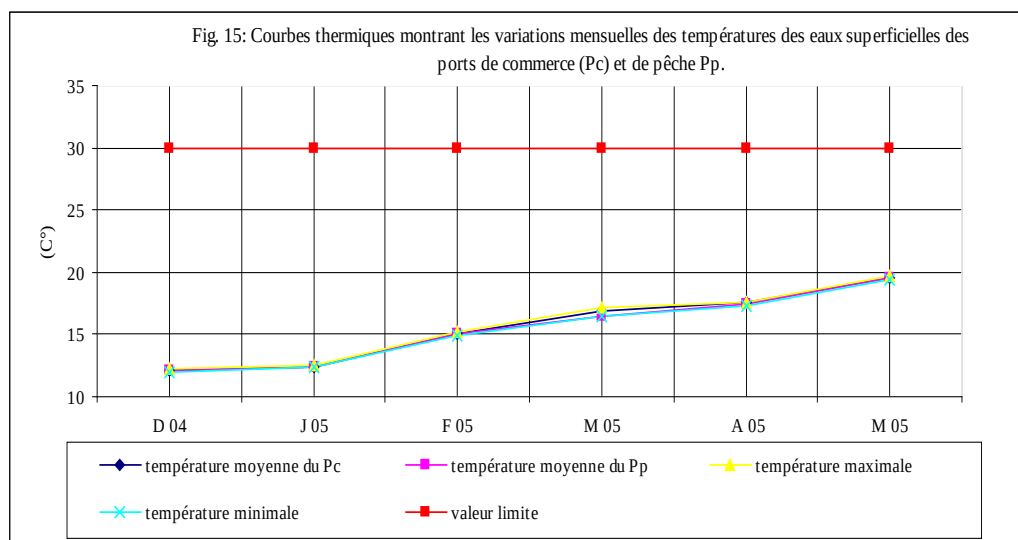
Fig. 14. Résultats cumulatifs des paramètres physico-chimiques des principales plages du golfe d'Annaba.



3.2.2. Concernant les ports de S4 à S7:

3.2.2.1. La Température:

De décembre 2004 à mai 2005, la variation mensuelle des températures des eaux des ports de pêche et commercial varient entre 12 °C, enregistrée en décembre en S6 (Port de pêche) et 19.65 °C, relevée en mai dans les eaux de la S4 (port commercial). Durant la période d'étude, les valeurs enregistrées restent < 30 °C (norme Algérienne) (fig. 15 et annexe 8).

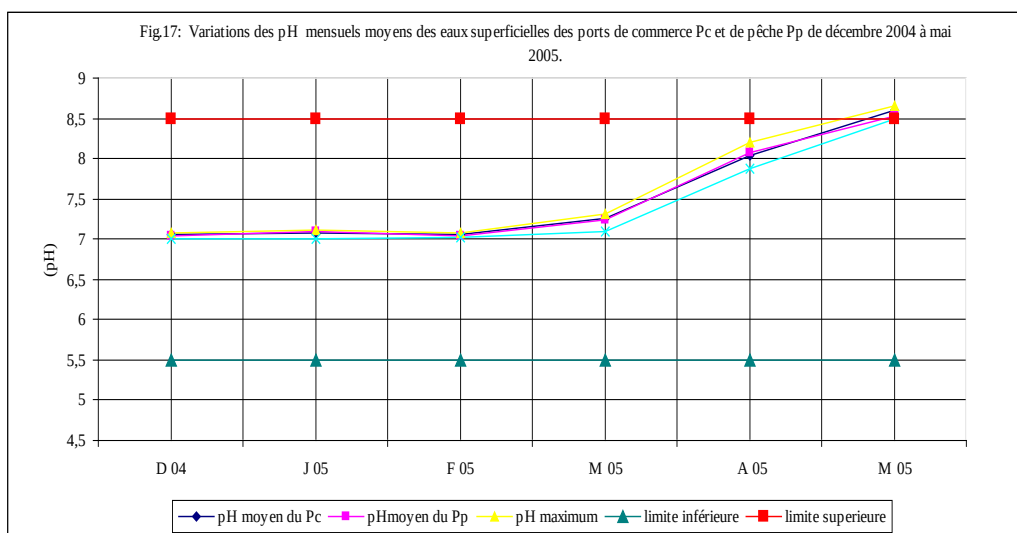


3.2.2.2. La salinité

Les salinités mesurées dans les 4 stations montrent une pollution due à la salinité en effet, ses concentrations varient entre 36.55 ‰ pour S4 en avril et 35.10 ‰ pour la même station en décembre (annexe.9). Par ailleurs, nous avons noté que les eaux de ces ports sont troubles tout le long de la période d'étude. Durant la période d'étude les valeurs enregistrées sont au-delà de 35‰ (norme Algérienne) (fig. 16).

3.2.2.3. Le pH de l'eau :

Les pH mesurés dans les eaux des 2 ports montrent l'absence de pollution. Les eaux analysées dans les 4 stations ont des pH alcalins fluctuant entre 7.01 pour S6 en décembre 2004 et 8,65 pour la station 4 en mai. Les valeurs enregistrées restent comprises entre 6.5 et 8.5 (normes Algériennes) (fig. 17 et annexe 10).



3.2.2.4. Oxygène dissous:

La variation des taux de saturation en O₂ dissous est marquée par un maximum de 71.5 % en décembre pour S4 et un minimum de 23.7 % pour S5 en mai. 2005. Durant toute la période d'étude les valeurs enregistrées sont < 80% (VLI) (fig. 18 et annexe 11).

Pour permettre d'avoir un aperçu sur les fluctuations des paramètres physico chimiques dans les eaux des ports commercial et de pêche d'Annaba nous avons regroupé tous les résultats dans la fig. 19.

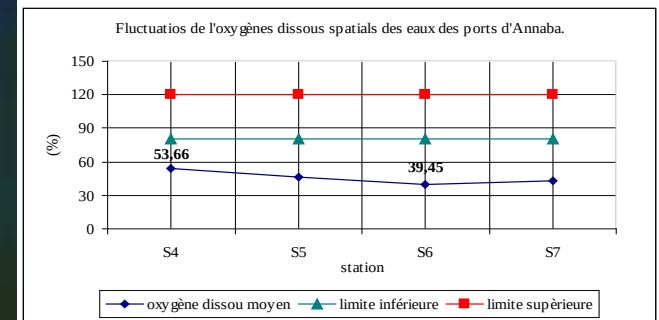
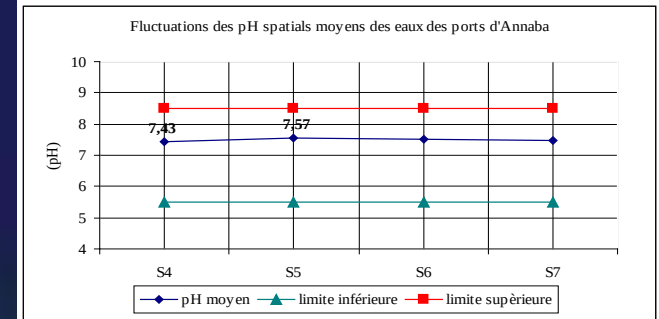
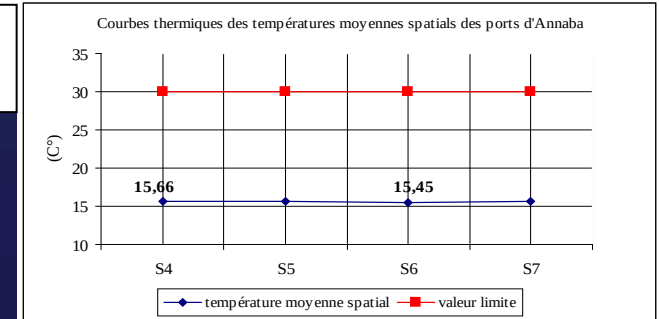
3.2.2.5. Résultats cumulatifs.

Les eaux des ports d'Annaba se caractérisent par une température moyenne de 15,57 °C avec une salinité de 35,75 ‰, un pH moyen de 7,49 avec une saturation en O₂ dissous de 45,46 %.

La fig. 19 montre que la variation spatiale des températures moyennes des ports d'Annaba est peu significative d'un site à un autre avec une moyenne maximale de 15,66 °C pour le site 4 et une moyenne minimale de 15,45 °C pour le site 6 avec une salinité maximale de 35,86 ‰ pour le site 5 et minimale avec 35,64 ‰ pour le site 7. Le pH moyen de tous les sites considérés est faible. Il est marqué par un maximum de 7,57 pour le site 5 et un minimum de 7,43 pour le site 4. Alors que la variation spatiale du taux moyen de la saturation en oxygène dissous est caractérisée par un maximum de 53,66 % pour le site 4 et un minimum de 39,45 % pour le site 06.

Ainsi nous pouvons considérer que les valeurs moyennes du taux de saturation en oxygène dissous de tous les sites considérés sont en dessous de la VLI (80%) et la VLS (120%).

Fig. 19 : Résultats cumulatifs des paramètres physico chimiques du port commercial et de pêche d'Annaba.



3.3. Résultats de l'analyse bactériologique.

3.3. Résultats de l'analyse bactériologique.

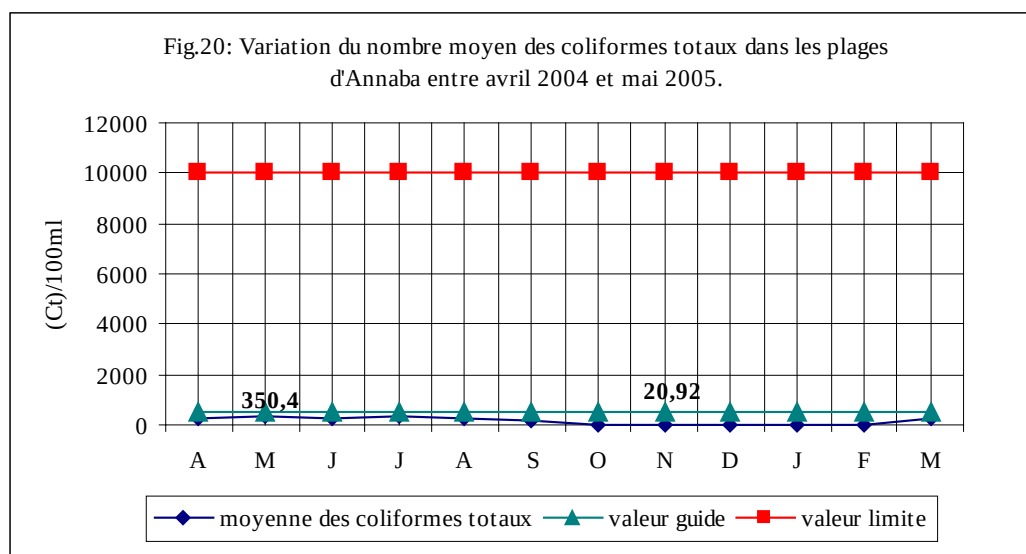
La qualité bactériologique a été recherchée dans 20 stations, nous avons quantifié dans les eaux les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et pour apprécier l'origine animale ou humaine de la pollution nous avons calculé l'indice de Bourgeois (1980) [18]. Pour une meilleure exploitation des résultats nous les représentons en: Plages S1, 2, 3, 8 jusqu'à 20 et Ports S4 à S7.

3.3.1. Concernant les plages S1, 2, 3, 8 jusqu'à 20:

Les analyses bactériologiques dans les eaux du golfe d'Annaba ont été réalisées pendant 12 mois entre avril 2004 et mai 2005.

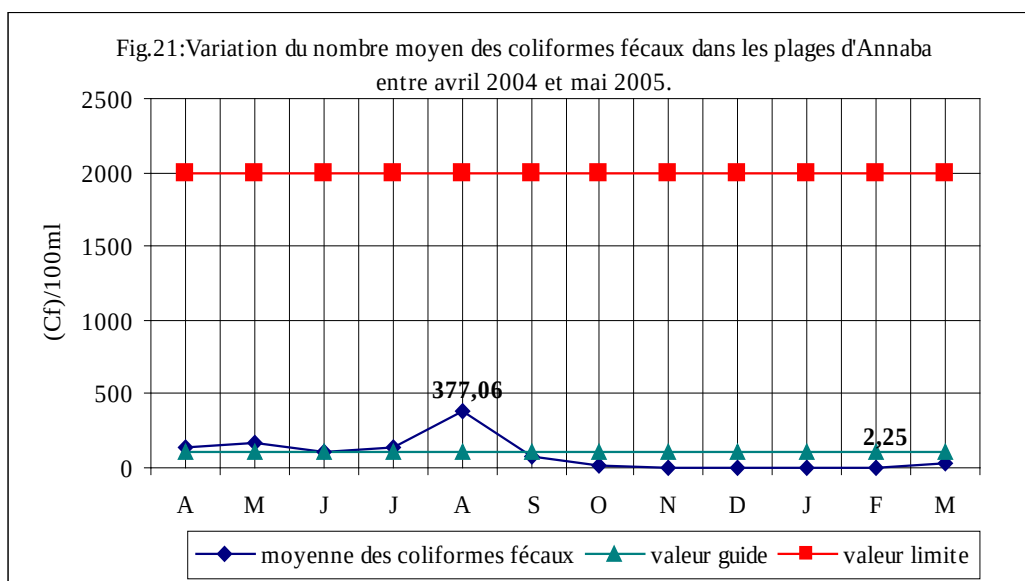
3.3.1.1. Les Coliformes totaux.

Les prélèvements provenant des 16 stations d'étude montrent que l'eau est de bonne qualité bactériologique. Les concentrations en coliformes totaux (fig. 20) sont < 10000 germes / 100 ml valeurs guides requise par le décret exécutif n° 93-164 du 10/07/1993 relatif à la qualité des eaux de baignade.



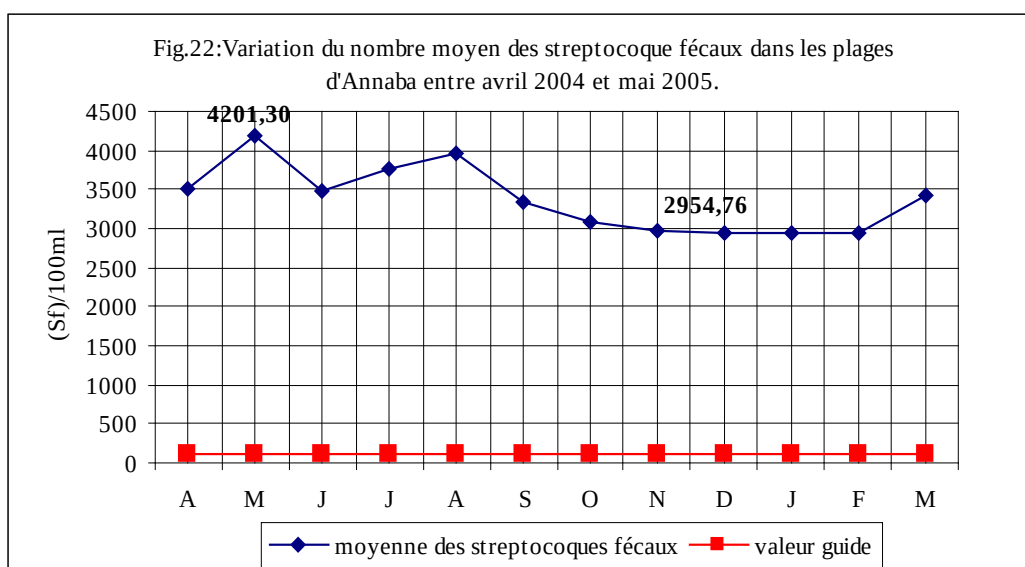
3.3.1.2. Les Coliformes fécaux.

Si nous tenons compte des valeurs guides requises par le décret exécutif n° 93-164 du 10/07/1993 relatif à la qualité des eaux de baignade, entre avril et août, le nombre des CF est compris entre la valeur guide (100 CF/100ml) et la valeur limite (2000 CF/100 ml) pour une valeur maximale de 377,06 CF/100ml en août et une valeur et une valeur minimum de 2,25 CF/100ml en février. Le reste du temps ces valeurs sont en dessous de la valeur guide. (fig. 21).



3.3.1.3. Les Streptocoques fécaux.

Il faut savoir que les streptocoques fécaux possèdent la substance antigénique caractéristique du groupe D de Lance Field : *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus duran*, *Streptococcus bovis*, et *Streptococcus equinus*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris en compte comme des témoins de pollution fécale. Nos échantillons contiennent des concentrations en streptocoques fécaux > 100 germes / 100 ml d'eau (valeur limite Algérienne) et ce dans les 16 stations (fig. 22). Ce résultat montre la forte pollution par les streptocoques fécaux des eaux du littoral d'Annaba durant toute la période d'étude.



3.3.1.4. Résultats cumulatifs.

L'évaluations de la qualité microbiologique des eaux côtières de la baie d'Annaba, nous a permis de mettre en évidence une prédominance des streptocoques fécaux avec 60 %, suivis des coliformes totaux : 26 % et enfin les coliformes fécaux : 14 %. Cependant, d'un point de vue spatial nous avons pu constater une forte concentration du nombre moyen des coliformes totaux avec un maximum de 947,75 CT/100 ml pour le site 2 (oued Seybouse) qui est compris entre la valeur guide et la valeur limite. Pour les coliformes fécaux, les valeurs dépassent la valeur guide avec 803,75 CF/100 ml pour le même site (S2) restant en dessous de la valeur limite. Pour les Streptocoques fécaux, on note des valeurs dépassant les normes presque dans les eaux de la plupart des stations avec un maximum de 812,083 SF/100ml pour le site 2 (embouchure oued- Seybouse) (fig. 23).

Pour permettre d'apprécier globalement la pollution bactérienne des eaux du littoral nous l'avons découpé en 5 zones.

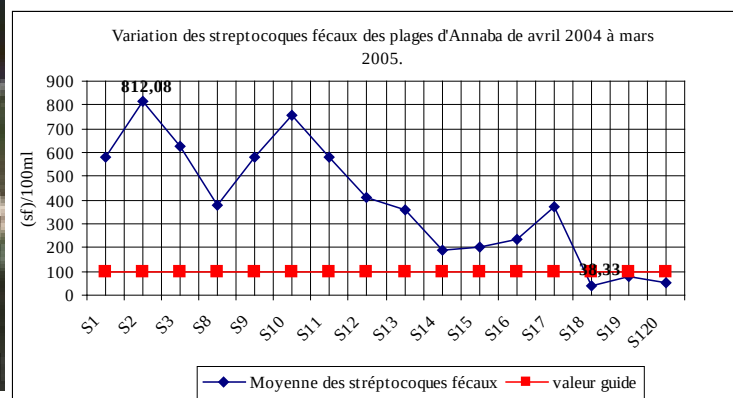
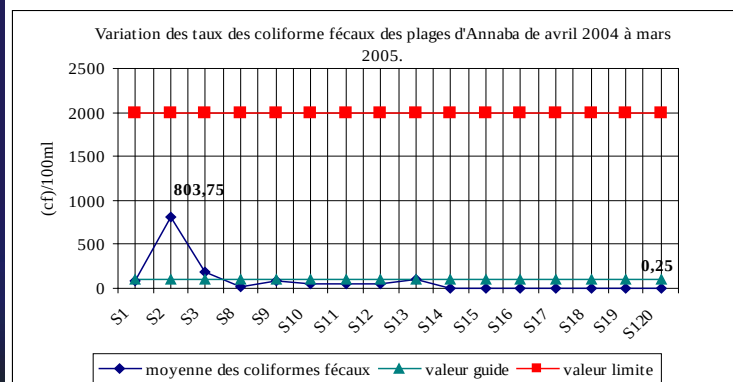
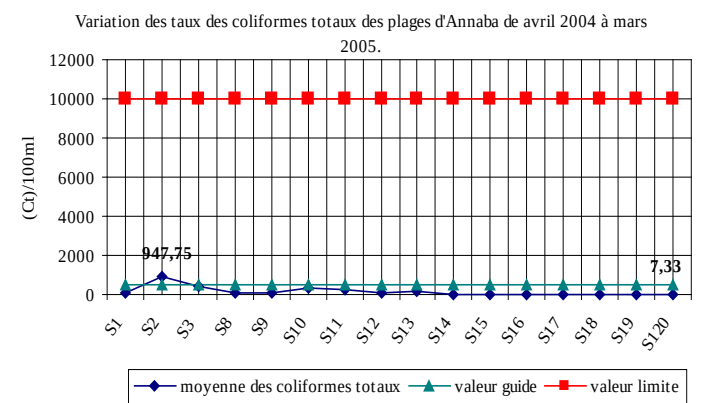
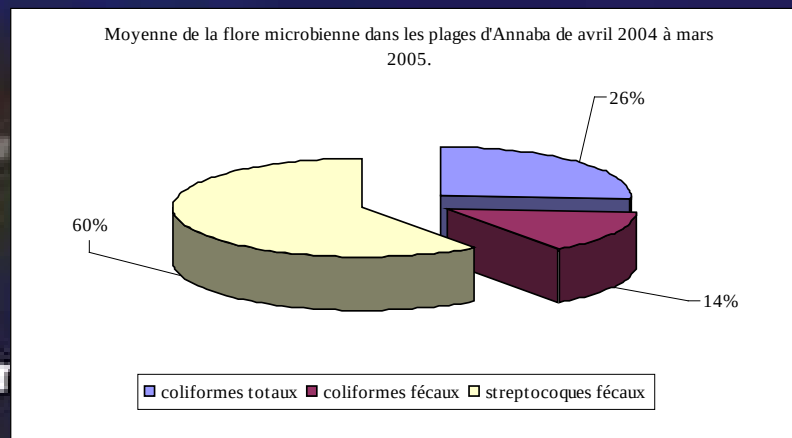
- La Zone 1 comporte les stations: Sidi Salem (S1), Oued Seybouse (S2) et Asmidal (S3).
- La zone 2 : Port commercial (S4, S5), Port de pêche (S6, S7).
- La zone 3: Rezgui Rachid (S8, S9), Rizi Amor (S10, S11), La Caroube (S12, S13).
- La Zone 4 Refes Zahouene (S14, S15), Belvedere (S16, S17).
- La zone 5: la plage Militaire (S18), Ain Achire (S19 et S20).

Ainsi, la flore microbienne au niveau des 4 zones est caractérisée par une prédominance des streptocoques fécaux, suivie des coliformes totaux et des coliformes fécaux (fig. 23) répartie en fonction de leur taux de contamination (tab. 14).

Tableau 14: Représentation des taux de contamination bactériologiques des eaux selon la zone de prélèvement.

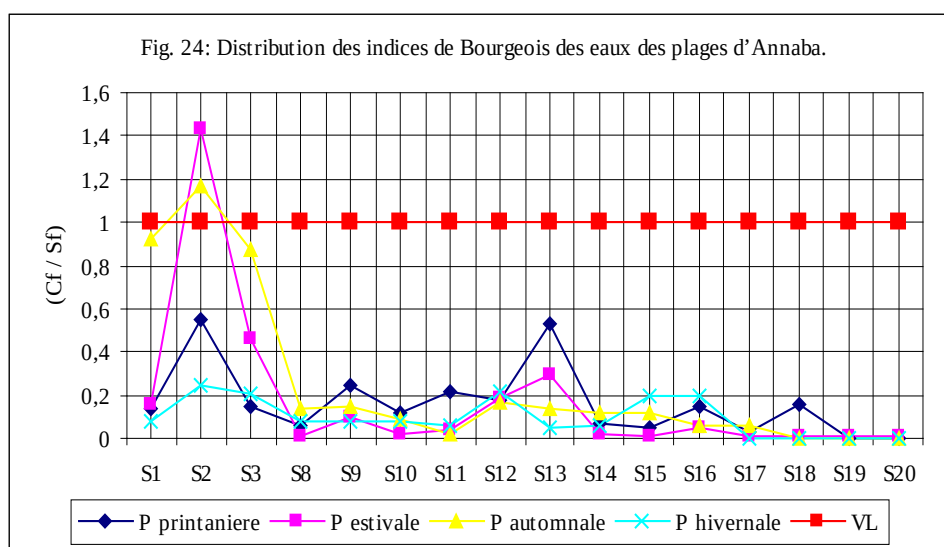
Germe	Zone 1	Zone 3	Zone 4	Zone 5
Coliformes totaux	31%	17%	5%	6%
Coliformes fécaux	27%	8%	2%	1%
Streptocoques fécaux	42%	75%	93%	93%

Fig. 23. Récapitulation des résultats des paramètres bactériologiques des eaux des 16 plages du golfe d'Annaba.



3.3.1.5. L'indice de Bourgeois (1980) dans les plages d'Annaba.

L'origine de la pollution des plage est donnée par le calcul de l'indice de Bourgeois (1980) [18]. Nous avons exprimé nos résultats, au vu de leur grand nombre, par saison. Ainsi, on a montré qu'en période estivale la contamination fécale des eaux de la station Oued Seybouse (S13) est humaine. Ce constat est similaire pour la même station en période automnale (fig. 24, annexe 15).



3.3.2. Concernant les ports de S4 à S7:

Les analyses bactériologiques dans les eaux du port commercial (Pc) et de pêche (Pp) ont été effectués pendant 6 mois (décembre 2004 à mai 2005).

3.3.2.1. Les Coliformes totaux.

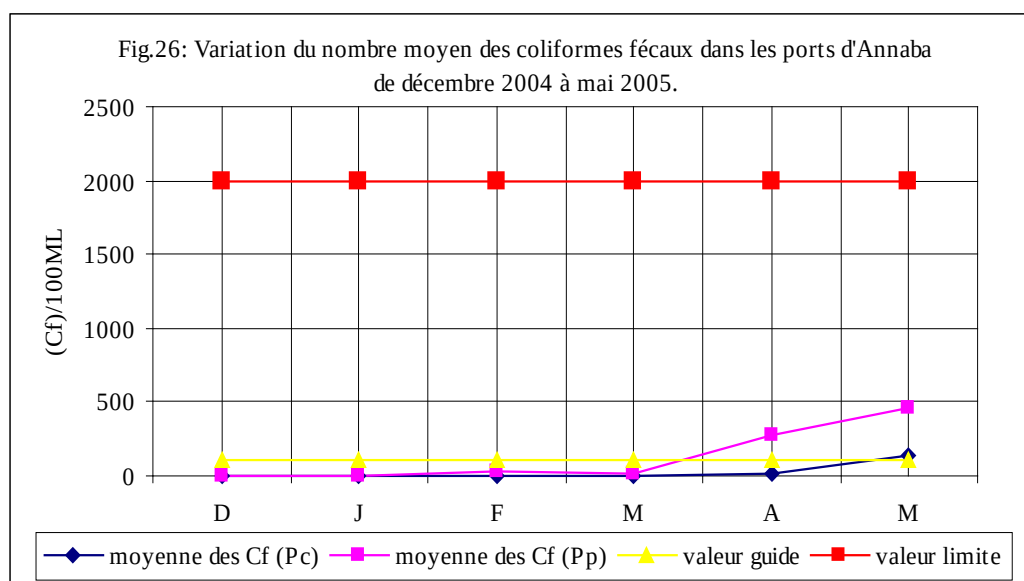
Durant la période d'étude, de décembre 2004 à mai 2005, la variation mensuelle des CT est très significative. En avril et mai, le nombre des CT pour le site S7 (port de pêche), est compris entre la valeur guide (500 CT/100ml) et la valeur limite (10000 CT/100 ml) pour une valeur maximale de 2400 CT/100ml. Il en est de même pour le site S6 (port de pêche) en mai avec un minimum inférieur à 3 CT/100ml et pour le site S4 (port de commercial) entre décembre et janvier. Cependant, durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées restent en dessous de la valeur guide sauf pour le site S5 en mai et le site S6 en avril avec 1100 CT/100ml. (annexe 16)

La fig. 25 montre que la variation temporelle du nombre moyen des Coliformes totaux pour les sites considérés est très significative, avec une valeur maximale de 2400 CT/100ml pour le port de pêche en mai, cette valeur étant comprise entre la valeur guide et la valeur limite et une valeur minimale de 3.5 CT/100ml en décembre pour le même site. Durant toute la période d'étude à l'exception de mai pour le port commercial et avril pour le port de pêche les valeurs enregistrées sont au delà de la valeur guide (annexe 16).

3.3.2.2. Les Coliformes fécaux.

Pour ce type de germes; on note que la variation spatiale du nombre des Coliformes fécaux pour les sites considérés est assez significative. Pour avril et mai, le nombre des CF pour le site S7 (port de pêche), est compris entre la valeur guide (100 CT/100ml) et la valeur limite 2000 CT/100 ml) pour une valeur maximum de 460 CT/100ml de même pour le site S6 (port de pêche) en mai et une valeur minimum de 0 CT/100ml pour le site S4 (port de commercial) de la période allant de décembre à mars (annexe 17).

La fig. 26 laisse apparaître que la variation temporelle du nombre moyen des coliformes fécaux pour les sites considérés assez significative. Elle est marquée par un maximum de 460 CF/100ml pour le port de pêche en mai, cette valeur dépasse de loin la valeur guide mais pas la valeur limite et par une valeur minimum de 3 CT/100ml pour le même site au cour de décembre. Un dépassement de la valeur guide est observé au niveau du port commercial en mai et à la station port de pêche durant le mois d'avril.

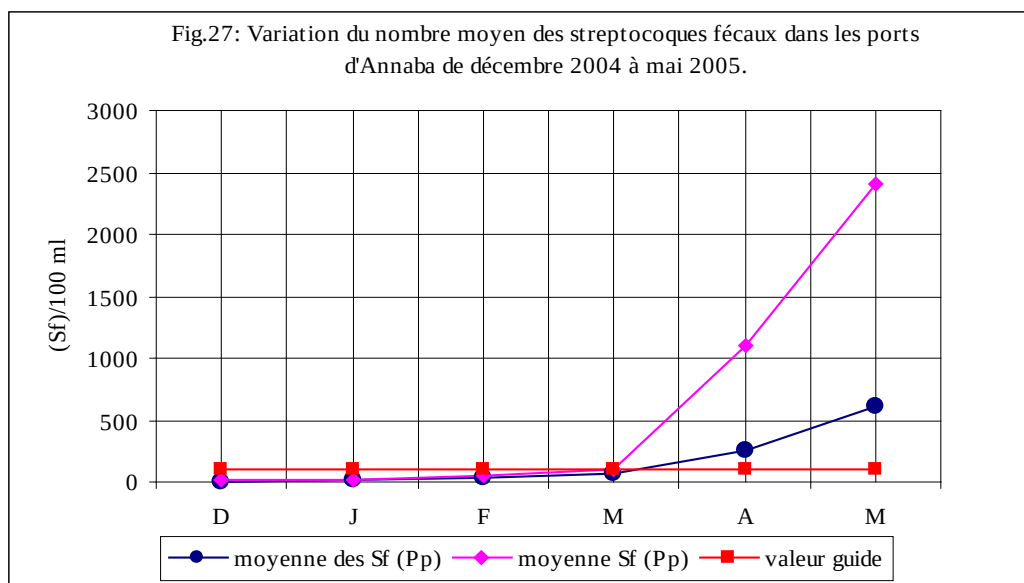


3.3.2.3. Les Streptocoques fécaux.

La variation spatiale du nombre des streptocoques féaux pour les sites considérés est très significative. Elle est marquée par un maximum de 2400 SF/100ml en mai pour les 2 sites du port de pêche, dépassant largement la valeur guide et une valeur minimum de 3 SF/100ml dans la station S4 du port commercial en décembre et janvier (annexe 18).

La fig. 27 laisse apparaître que la variation temporelle du nombre moyen des Streptocoques fécaux pour les site considérés est très significative, avec un maximum de

2400 SF/100ml pour le port de pêche en mai, cette valeur dépasse la valeur guide et par une valeur minimum de 7 ST/100 ml pour le port commercial en décembre. Nous notons, par ailleurs, que c'est en période printanière que presque l'ensemble des 2 stations présente une contamination par les coliformes totaux. Les valeurs du nombre de SF dans les eaux du port commercial en avril et mai, sont au delà de la valeur guide cette situation est retrouvée dans les stations 6 et 7 (port de pêche) entre mars et mai (annexe 18).



3.3.2.4. Résultats cumulatifs.

D'un point de vue global, la répartition de la flore microbienne dans la zone 2 est caractérisée par une prédominance des Coliformes totaux avec 46% de la flore microbienne totale, suivie des streptocoques fécaux avec 45% et des coliformes fécaux avec 9% seulement (fig. 28). La figure 28 nous permet de constater que la structure de cette flore microbienne est représentée par :

Les Coliformes totaux :

- à 5% de la flore microbienne dans les eaux du port commercial.
- à 41% de la flore microbienne dans les eaux du port de pêche.

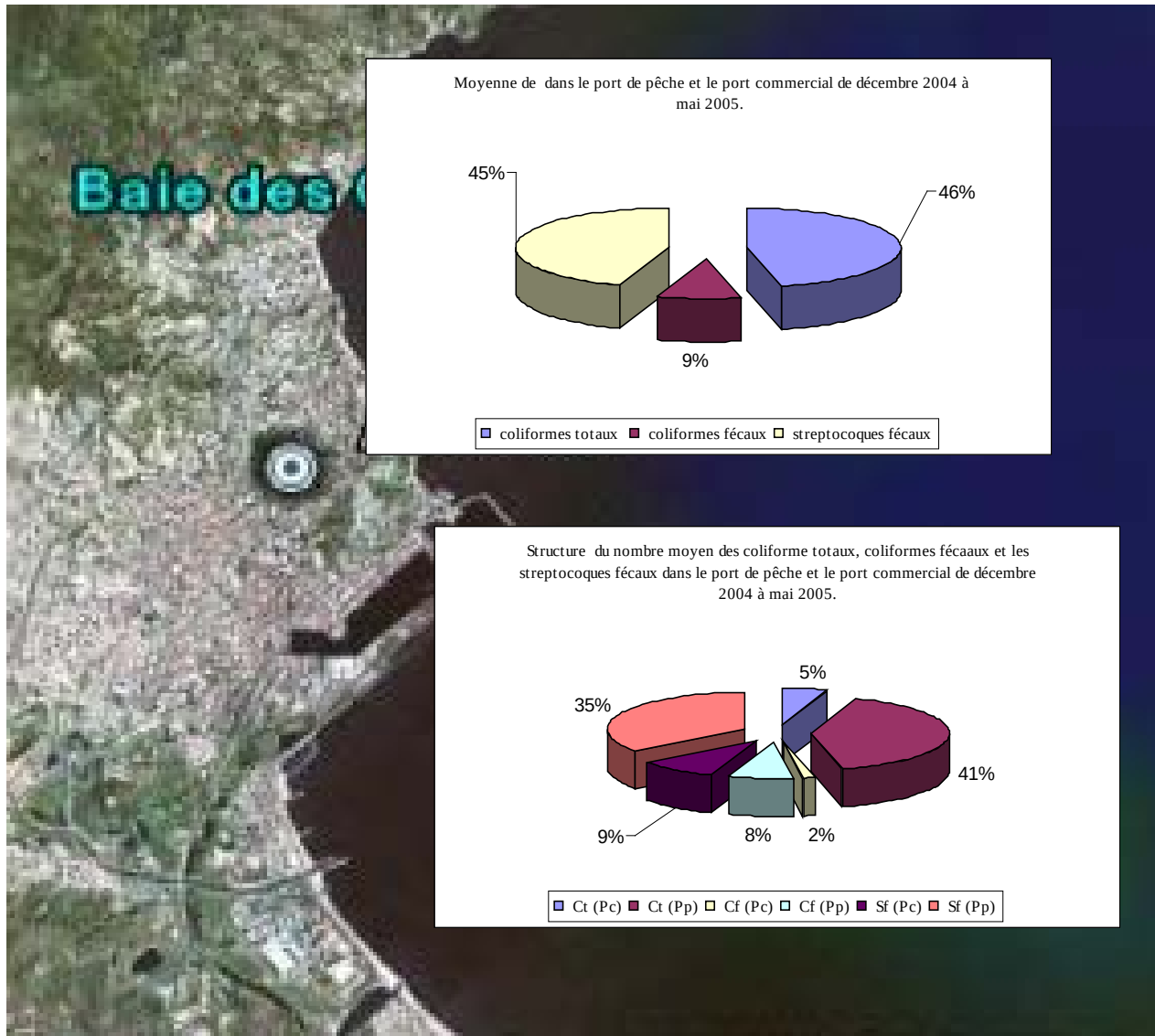
Les Coliformes fécaux :

- à 2% de la flore microbienne dans les eaux du port commercial.
- à 8% de la flore microbienne dans les eaux du port de pêche.

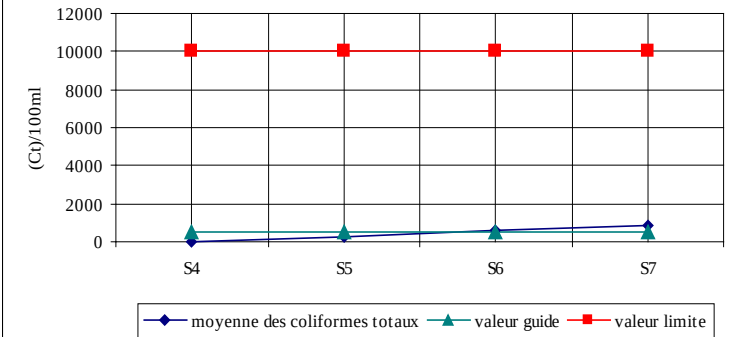
Les Streptocoques fécaux :

- à 9% de la flore microbienne dans le port commercial
- à 36% de la flore microbienne dans le port de pêche.

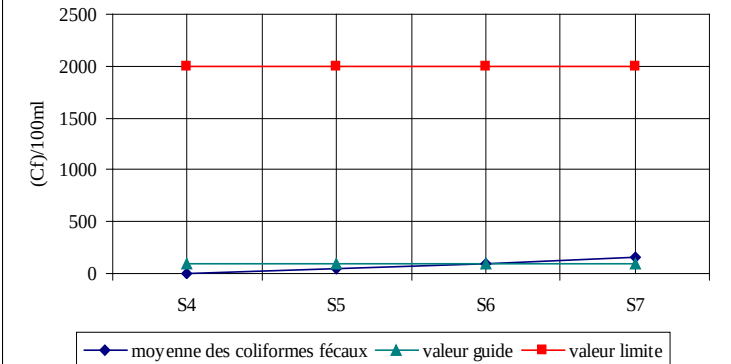
Fig. 28. Récapitulation des résultats des paramètres bactériologiques dans les ports de pêche et commerciaux d'Annaba.



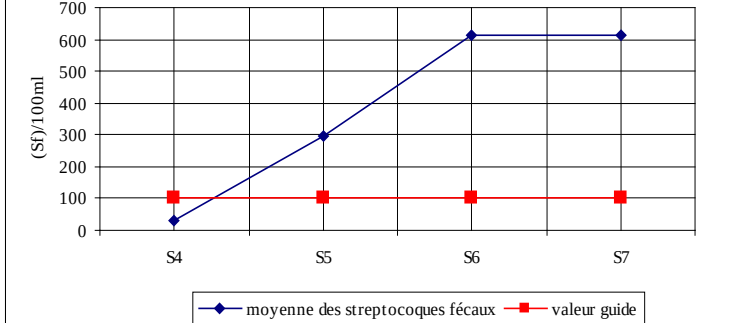
Variation des taux des coliformes totaux des ports de décembre 2004 à mai 2005.



Variation des taux des coliformes fécaux des ports de décembre 2004 à mai 2005.

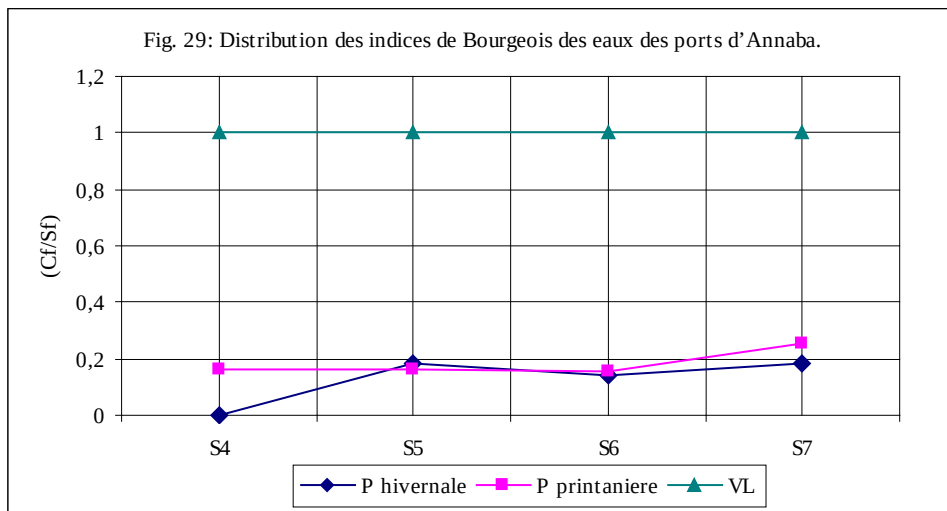


Variation des taux des streptocoques fécaux des ports de décembre 2004 à mai 2005.



3.3.2.5. L'indice de Bourgeois (1980) dans les ports d'Annaba.

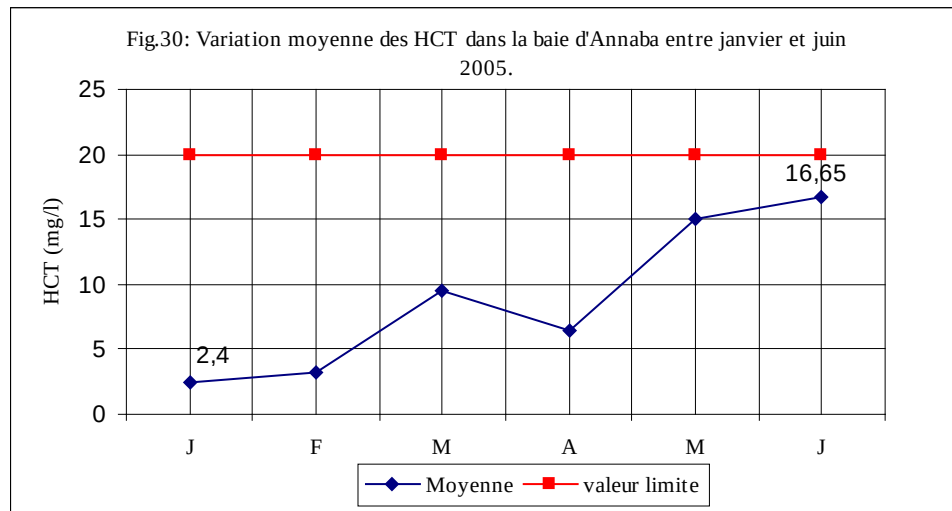
L'origine de la pollution des ports est donnée par le calcul de l'indice de Bourgeois (1980) [18]. En effet, cet indice, basé sur les valeurs des rapports C_f / S_f , montre que la pollution bactérienne des ports d'Annaba est < 1 donc animale (fig. 29 et annexe 19).



3. 4. Pollution par les hydrocarbures totaux (HCT).

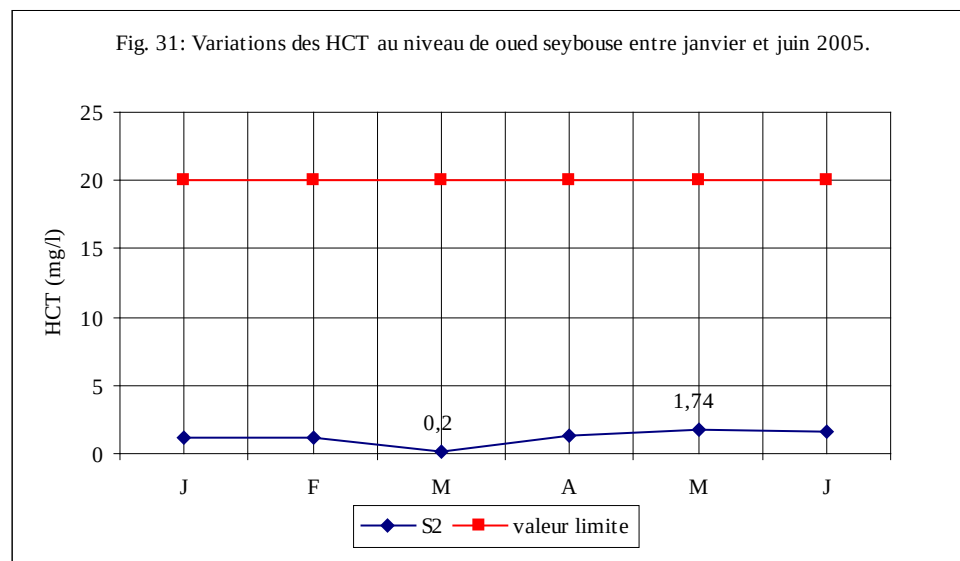
3. 4. Polluants par les hydrocarbures totaux (HCT).

La variation moyenne des concentrations d'HCT dans les eaux de la baie d'Annaba est très significative avec un maximum de 16,65 mg/l d'HCT en juin et un minimum de 2,40 mg/l en janvier. Cependant, durant tout le cycle de l'étude, les valeurs enregistrées restent en dessous de la valeur limite (fig. 30).



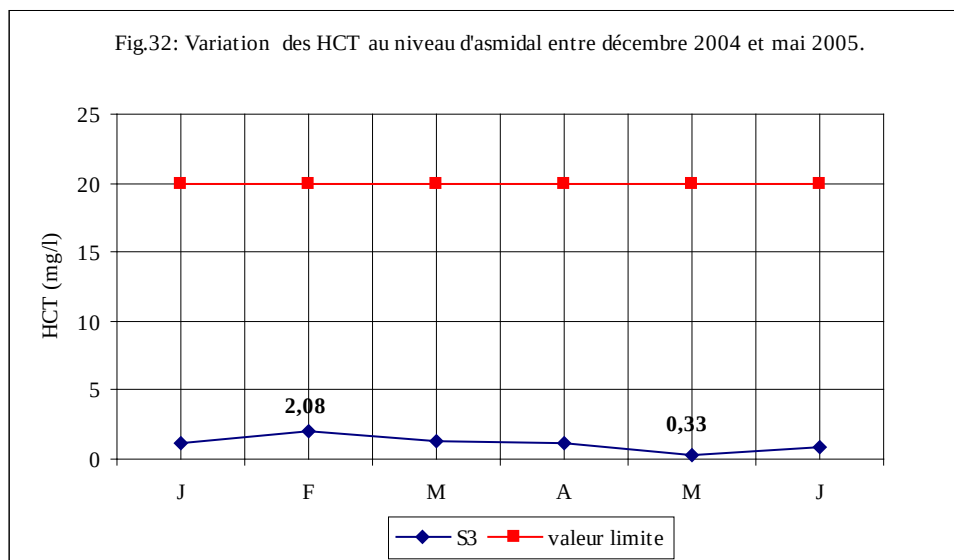
3.4.1. Concernant la S2 (Embouchure Oued Seybouse).

La station S2 ne présente pas de pollution par les HCT de janvier à juin 2005 nos résultats sont < à la valeur limite (législation Algérienne), ils varient entre 1,74 mg/l en mai et 0,20 mg/l d'hydrocarbures totaux en de mars (fig. 31).



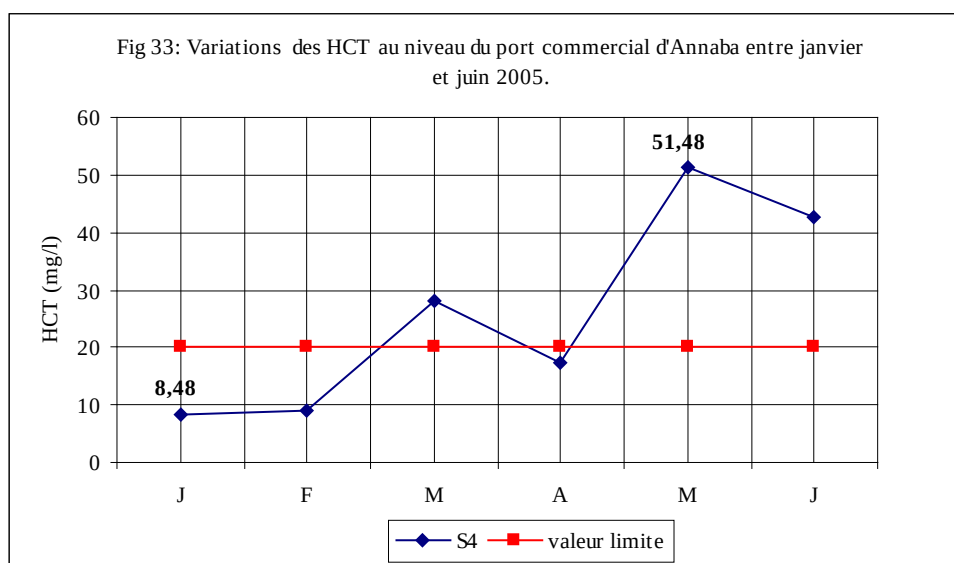
3.4.2. Concernant la S3 (Asmidal).

Avec un maximum de 2.08 mg/l d'hydrocarbures totaux en février et 0.33 mg/l en mai la S3 ne présente pas de pollution par les HCT, les valeurs enregistrées sont < 20 mg / l (valeur limite) (fig. 32).



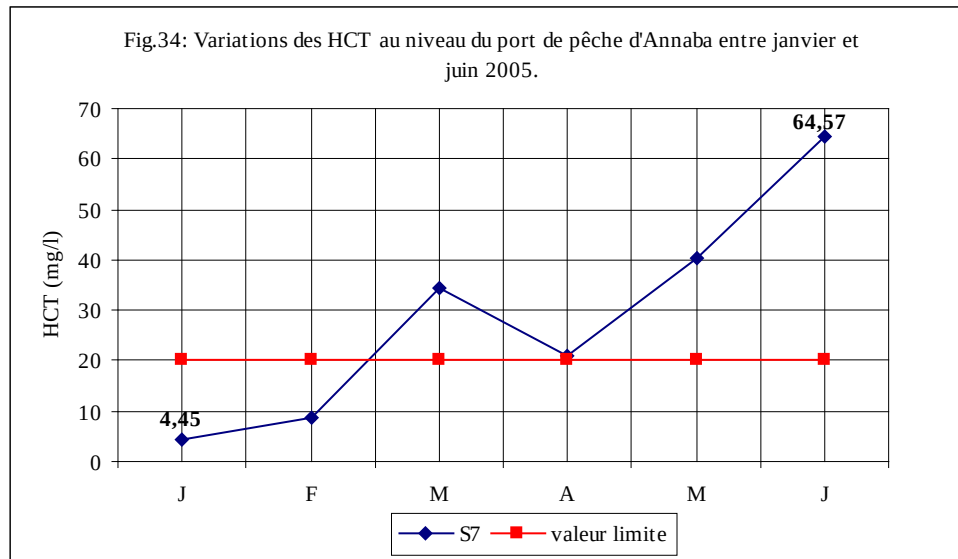
3.4.3. Concernant la S4 (Port Commercial).

Les eaux du port commercial d'Annaba contiennent des concentrations en hydrocarbures variant entre 8,48 et 51,48 mg / l (fig. 33). En mars, mai et juin 2005, la S5 présente une pollution en HTC avec des valeurs > 20 mg / l d'eau (valeur limite).



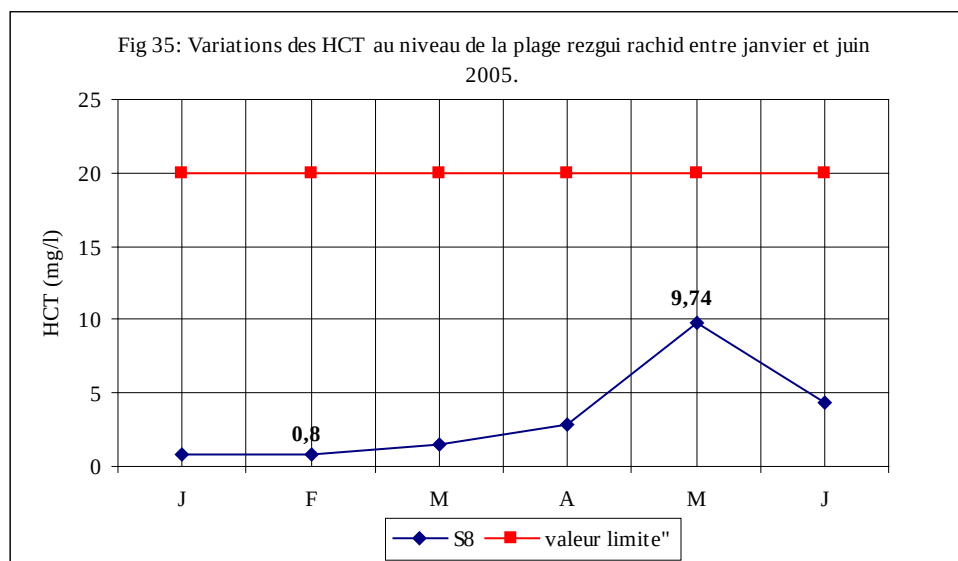
3.4.4. Concernant la S7 (Port de Pêche).

Les eaux du port de pêche d'Annaba contiennent des concentrations en HCT $>$ à la norme Algérienne en mars, avril et mai 2005 avec des valeurs $>$ 20 mg / l d'eau (limite Algérienne), avec un maximum de 64.57 durant le mois de juin et un minimum de 4.45 en janvier (fig. 34).



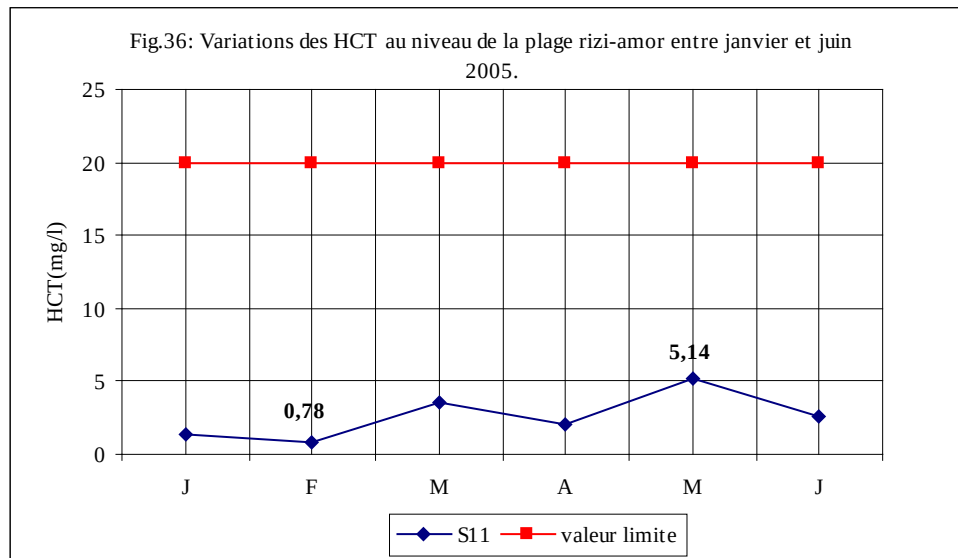
3.4.5. Concernant la S8 (Rezgui Rachid).

Durant la période d'étude, les concentrations en HCT sont $<$ à 20 mg / l (valeur limite) elles varient entre 0,8 mg / l en février et 9,74 mg / l d'eau en mai 2005 (fig. 35).



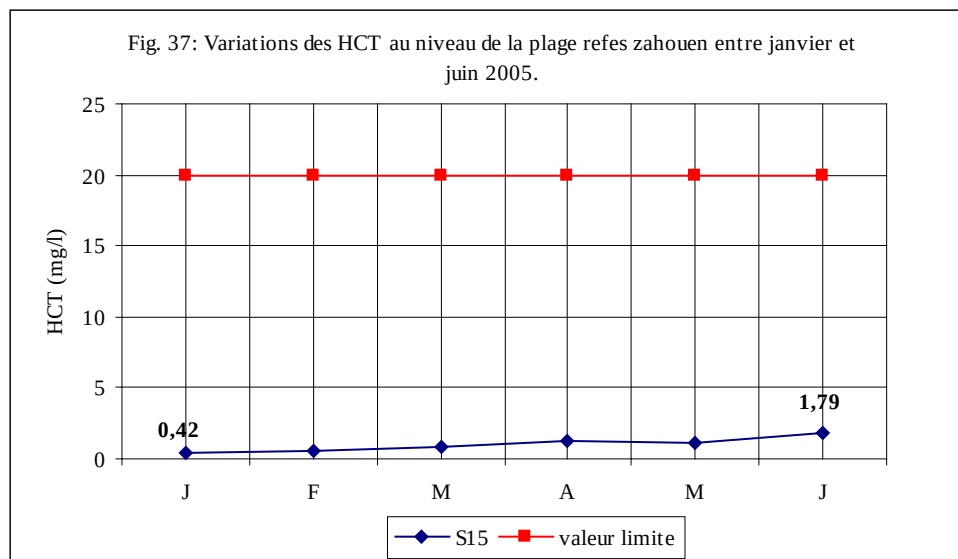
3.4.6. Concernant la S11 (Rizi Amor).

Les eaux superficielles prélevées dans la plage Rizi Amor ne sont pas polluées par les HCT. En effet, les concentrations d'hydrocarbures fluctuent entre 0,78 et 5,14 mg / l d'eau (fig. 36).



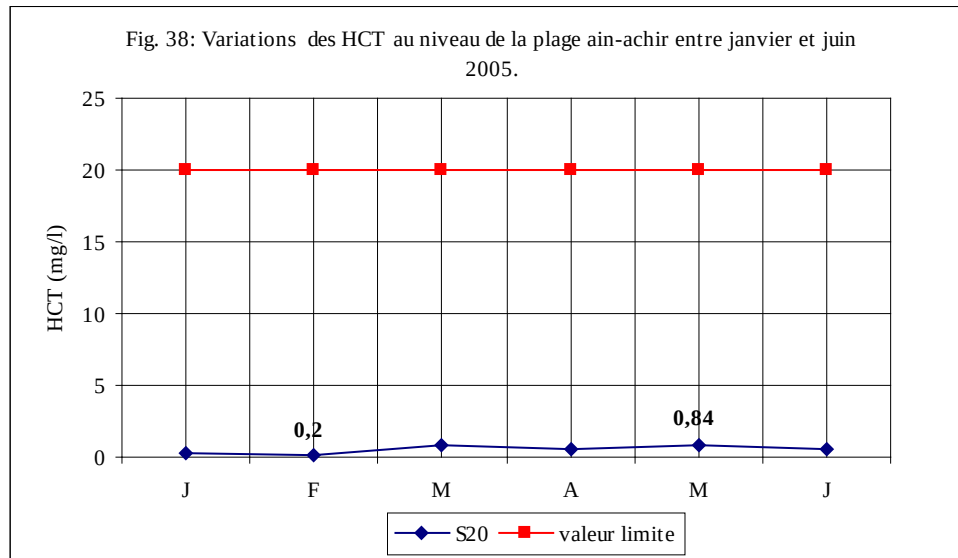
3.4.7. Concernant la S15 (Refes Zahouen).

Dans les eaux superficielles de la plage Refes Zahouen nous avons quantifié des concentrations en HCT allant de 0,42 mg / l en janvier à 1,79 mg / l en juin 2005. Entre janvier et juin 2005, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite (fig. 37).



3.4.8. Concernant la S20 (Ain Achir).

La fig. 38 montre les variations des concentrations en HCT dans les eaux de la plage Ain Achir, ces dernières sont comprises entre 0,2 mg / l en janvier et 0,78 mg/l en juin. Durant la période d'étude, les valeurs enregistrées sont en dessous de la valeur limite (fig. 38).



3.4.9. Résultats cumulatifs de la pollution par les hydrocarbures totaux (HCT).

Les analyses des hydrocarbures totaux ont été réalisées mensuellement entre janvier et juin 2005 et ont concernées les stations 2, 3, 4, 7, 8, 11, 15 et 20 (fig. 39). Les concentrations fluctuent entre 28,83 mg / l dans la S7 (Port de pêche) et 0,54 mg / l dans la S20 (Ain Achir). Deux stations présentent une pollution aux HCT avec des valeurs >20 mg / l d'eau (normes Algériennes); il s'agit de la S4 (Port Commercial) et la S7 (Port de pêche) avec 26.20 mg / l.

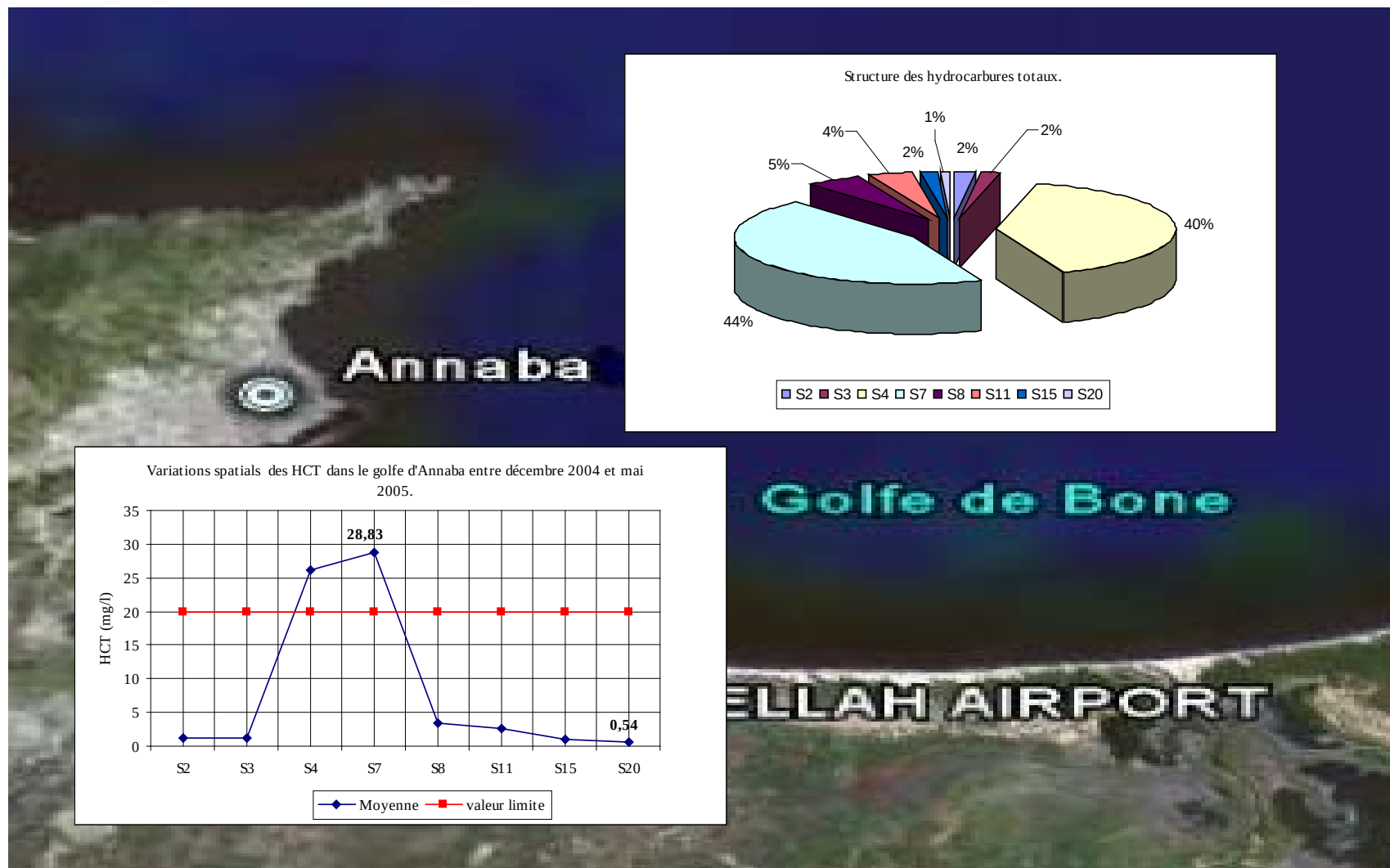


Fig. 39. Récapitulation des résultats des hydrocarbures totaux au niveau de la baie d'Annaba.

3. 5. Pollution par les métaux lourds.

3. 5. Pollution par les métaux lourds.

Les prélèvements des sédiments superficiels ont été réalisés mensuellement entre février 2005 et ont concernées les stations 2, 3, 4, 7, 10, 15 et 20. Dix métaux lourds ont été retenus il s'agit de l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le mercure, le plomb, le zinc, le fer, le manganèse et le nickel.

Les métaux lourds pour désigner les oligoéléments et les toxiques minéraux indispensables au développement des êtres vivants quand ils sont en très faibles quantités mais, à plus fortes concentrations deviennent toxiques. La plupart sont désignés comme métaux lourds, bien que tous ne soient pas des métaux si on se réfère à la classification périodique des éléments. Ces derniers sont soumis à des normes strictes particulièrement dans l'eau potable et dans les rejets industriels. Les analyses par S.A.A. ont été mises en œuvre sur la totalité des échantillons de sédiments préalablement soumis à une hydrolyse acide pour libérer les métaux lourds susceptibles d'y être présents sous forme de dérivés conjugués. Nous avons obtenus les résultats suivants.

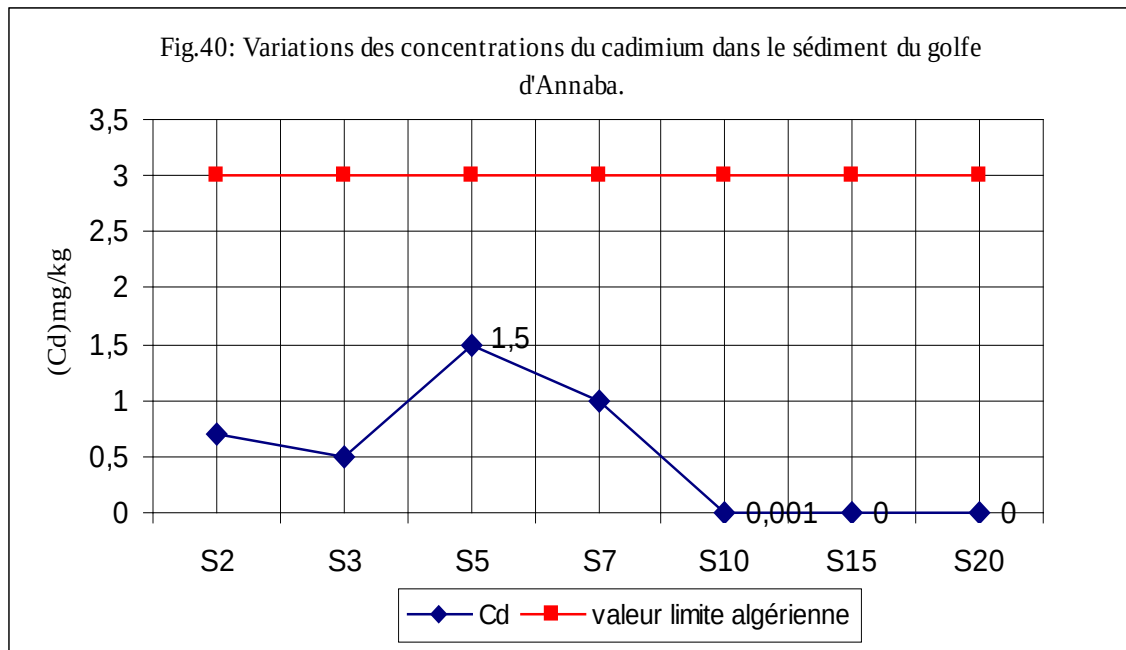
3.5.1. Résultats des quantifications de l'arsenic.

L'arsenic répandu au niveau des roches est présent dans les insecticides et dans l'industrie chimique, colorants et composants électroniques. C'est un poison pour l'homme, à effet cumulatif. Sa toxicité est aigue à partir d'1 mg/l chez les poissons et quelques mg / l chez les crustacés. Sa toxicité est également chronique (accumulation).

Dans les sédiments des stations S2 (Oued Seybouse), S5 (Port Commercial) et S7 (Port de pêche) l'arsenic est présent sous forme de traces, nous pouvons considérer que cette présence est naturelle et ne représente pas une conséquence de pollution.

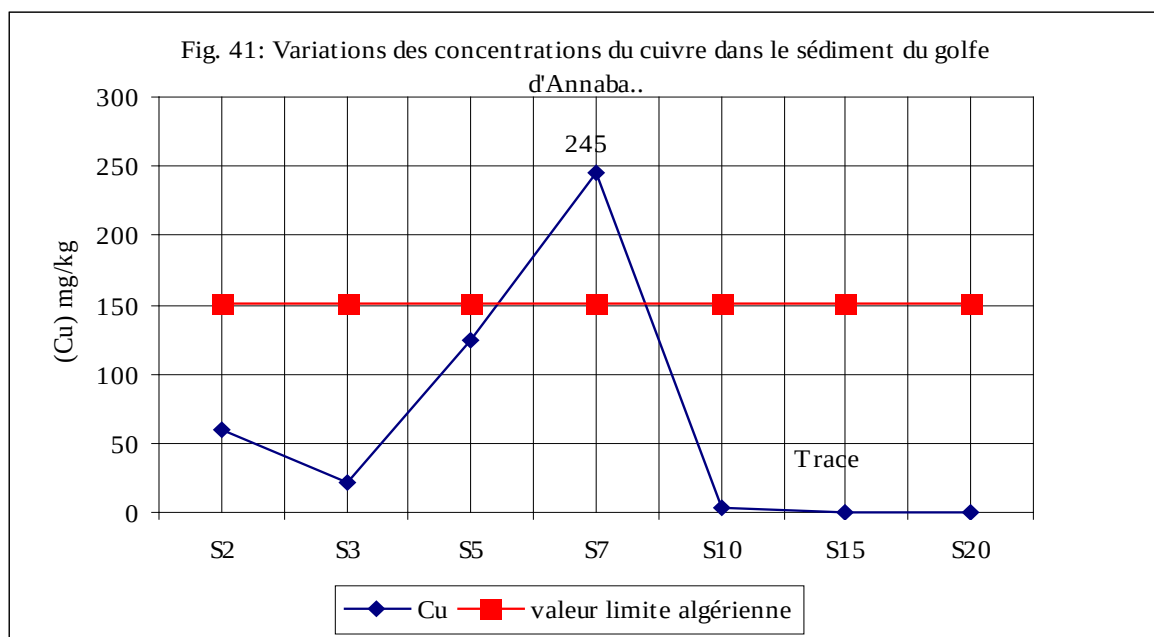
3.5.2. Résultats des quantifications du cadmium.

Le cadmium (Cd) existe naturellement dans le sédiment superficiel sous forme de traces, il provient également de l'industrie métallurgique du zinc, du plomb, des traitements de surface, des matières plastiques et des engrais chimiques. Il est peu soluble à pH normal et très toxique pour l'homme. C'est un poison cumulatif avec un cycle biologique de 10 à 30 ans. Il présente une toxicité aigue à partir de 0,1 mg / l sa limite en rejets en Algérie est de 3 mg / Kg de sédiment par conséquent, les 7 stations étudiées le long du littoral d'Annaba ne sont pas polluées en cadmium (fig. 40).



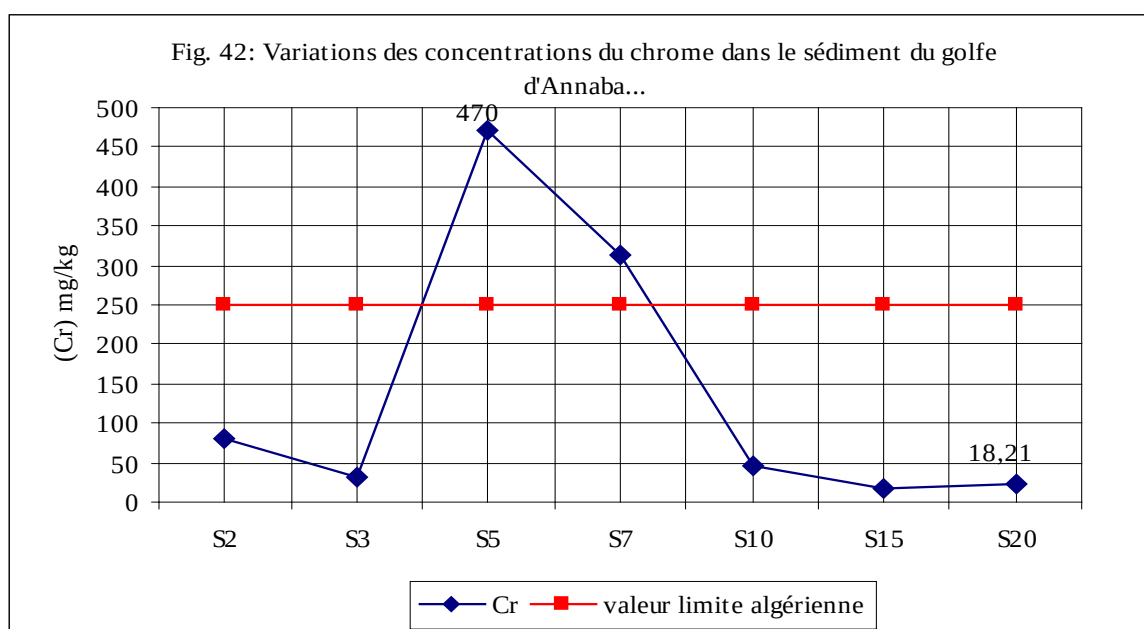
3.5.3. Résultats des quantifications du cuivre.

Le cuivre (Cu) a une teneur naturelle qui va jusqu'à $50\mu\text{g} / \text{l}$ dans l'eau douce, il est le produit en métallurgie, traitement des surfaces, galvanoplastie, traitement agricoles et corrosion de tuyaux. Le cuivre est plus toxique ionique que lorsqu'il est complexé avec la matière organique ou qu'il précipite sous forme de carbonate dans les eaux dures. Sa limite, selon la norme Algérienne est de $0,15 \text{ g} / \text{Kg}$ de sédiment par conséquent en dehors de la S7 (port de pêche) avec $245 \text{ mg} / \text{Kg}$ les 6 autres stations ne présentent pas de pollution par le cuivre (fig. 41).



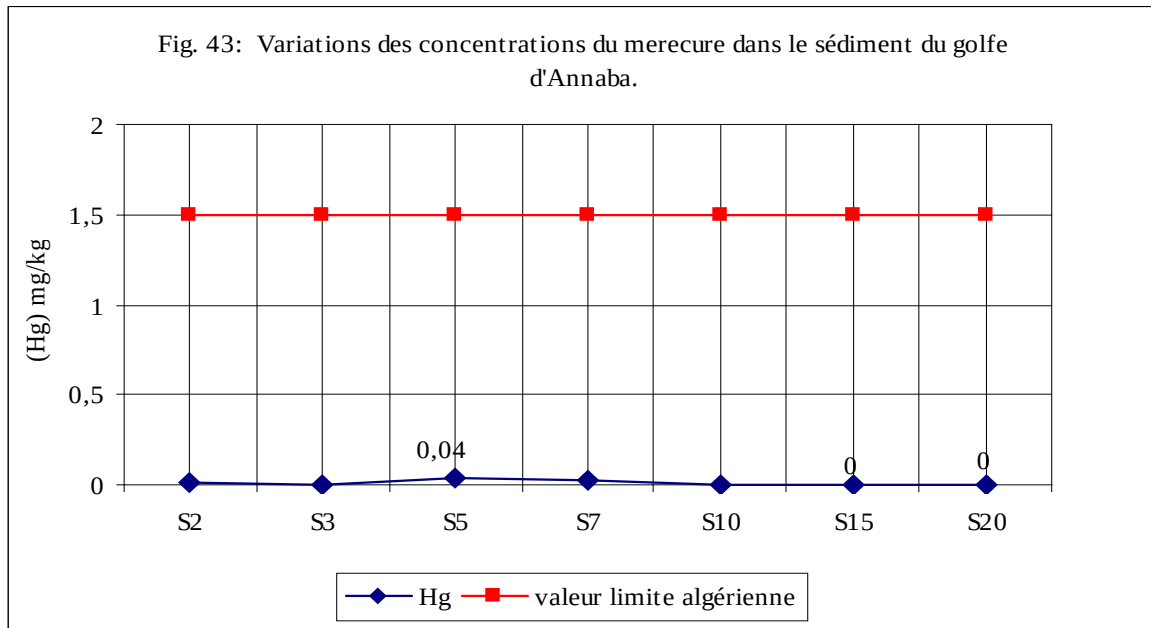
3.5.4. Résultats des quantifications du chrome.

Le chrome (Cr) est d'origine industrielle c'est la conséquence de la galvanoplastie, des tanneries, raffineries, métallurgie, colorants, textiles et peinture. Ses effets sont toxiques sous forme de CrVI (chromates) il passe sous forme de Cr III (sels chromiques) en milieu naturel. Nous avons dosé dans les sédiments superficiels le chrome total qui ne doit pas dépassé selon la norme Algérienne 250 mg / Kg de sédiment. Seules les stations S5 (port commercial) et S7 (port de pêche) sont polluées par ce métal avec respectivement 470 et 310 mg/kg, les 5 autres stations ne présentent pas de pollution au chrome (fig. 42).



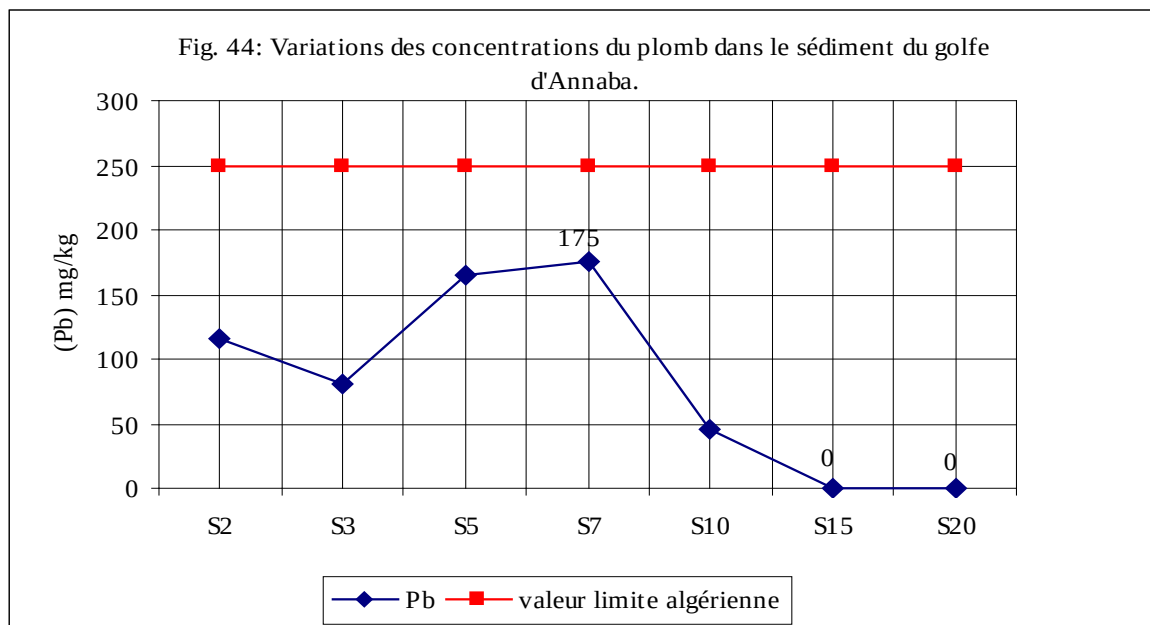
3.5.5. Résultats des quantifications du mercure.

Les analyses des sédiments prélevés dans les 7 stations d'étude ne montrent aucune contamination par le mercure (fig. 43) si ce n'est des traces. Il faut savoir que la valeur maximale selon les recommandations Algériennes est de 0.0015 g/kg.



3.5.6. Résultats des quantifications du plomb.

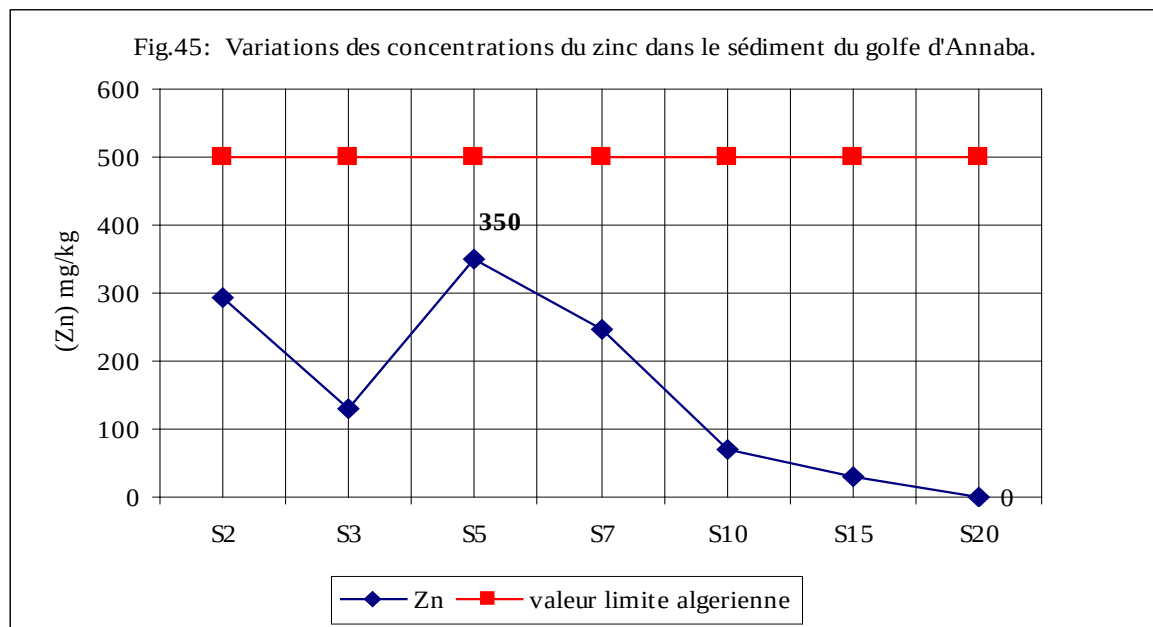
Fréquent dans les roches, dans l'industrie chimique, les colorants, explosifs, raffineries, traitement de surface, mines, corrosion de canalisation et surtout rejeté par les hydrocarbures (essence) le plomb a une toxicité aigue sur les organismes il s'accumule et se concentre dans la chaîne alimentaire. Dans le sédiment, la norme Algérienne maximale est de 0,250 g/Kg de par conséquent les 7 stations d'étude ne sont pas contaminées par le plomb (fig. 44).



3.5.7. Résultats des quantifications du zinc.

Le zinc provient principalement des canalisations, des toitures, de la métallurgie, des traitements de surface, de la galvanoplastie, savonnerie, fabrique de bougie etc. Il se concentre dans les organismes à partir de l'eau et sa toxicité est aigue sur la plupart des organismes aquatiques.

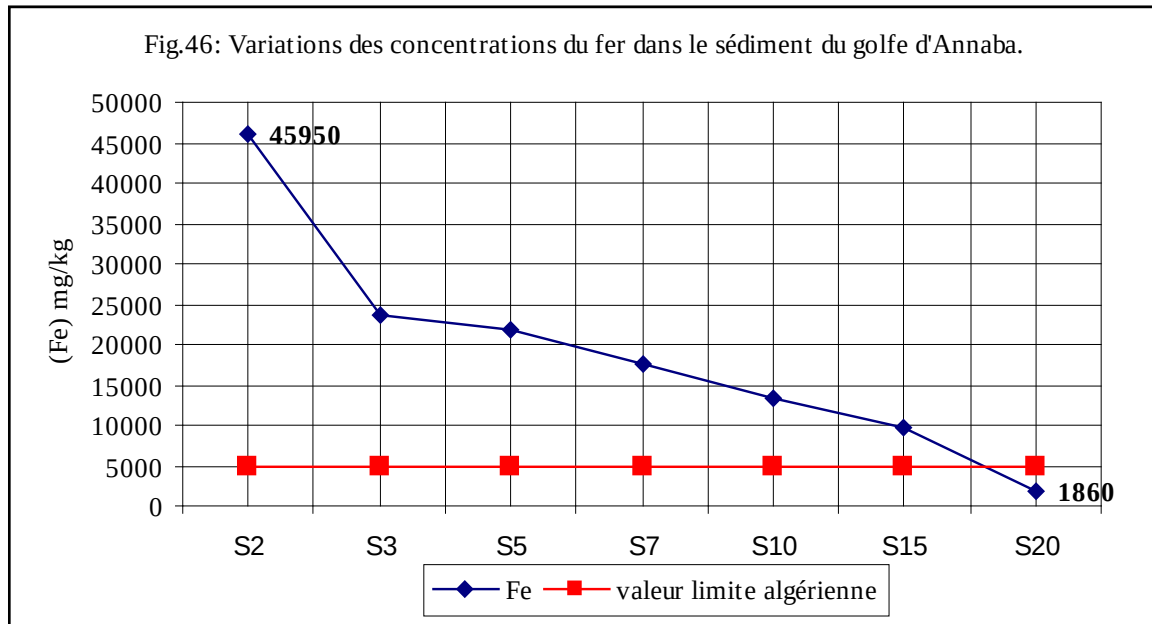
Les sédiments provenant des 7 stations présentent des teneurs en Zn inférieures à la norme (fig. 45). (Valeur maximale 0,5 g/Kg de sédiment selon les Recommandations Algériennes du Ministère Délégué à l'Environnement (1999).



3.5.8. Résultats des quantifications du fer.

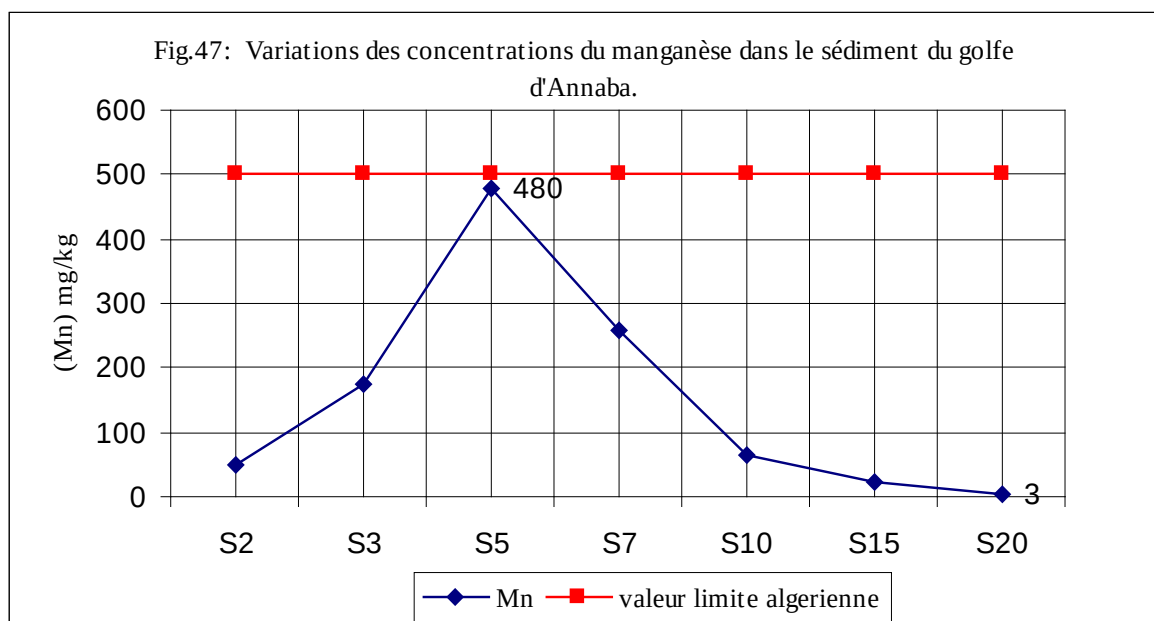
Le fer a une origine naturelle, il est fréquent dans les eaux souterraines, dans l'industrie minière, la métallurgie et les lessivages des dépôts d'ordures. Le fer ferreux Fe^{2+} dissous s'oxyde en ferrique Fe^{3+} formant des hydroxydes généralement insolubles.

Le fer n'a pas de toxicité directe, en milieu alcalin, il forme un hydroxyde ferrique colloïdal qui se fixe sur les branchies des poissons. En milieu anaérobie, le sulfure ferreux donne une couleur noirâtre. Sa limite, selon la norme Algérienne est de 5 g /Kg de sédiment par conséquent en dehors de la S20 (Ain Achir) avec 1,8 g / Kg les 6 autres stations présentent une pollution par le fer (fig. 46). Il faut noter l'exception de la station S2 (Oued Seybouse) avec 45,950 g/kg de sédiment.



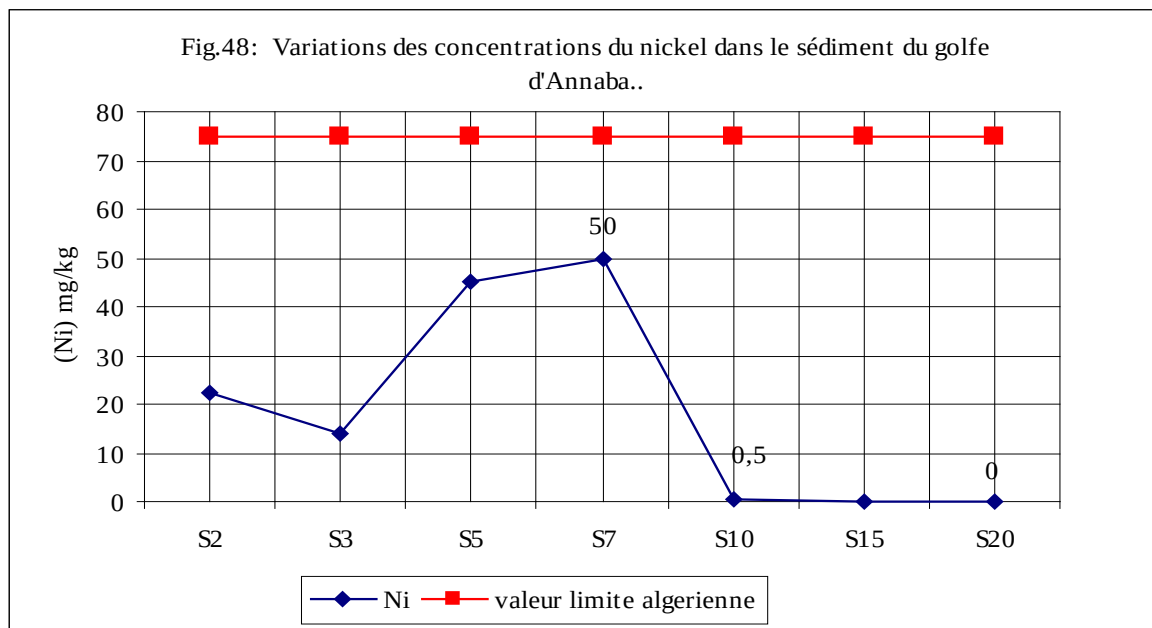
3.5.9. Résultats des quantifications du manganèse.

Le manganèse a 3 origines, la 1^{ère} naturelle sols bruns et pyrite, la seconde industrielle à partir de batteries sèches, verrerie, teinture, allumettes, métallurgie (alliages) et la 3^{ème} agricole où on l'utilise pour améliorer la texture du sol. Les sels manganeux (Mn^{2+}) s'oxydent à l'état Mn^4 en oxydes ou hydroxydes insolubles. Les sels manganeux sont toxiques chez le poisson à dose élevée alors que les permanganates (MnO_4^-) ont un effet bactéricide mais sont généralement rapidement réduits dans l'eau. Sur les 7 stations étudiées aucune n'est polluée par le manganèse sachant que sa valeur maximale (norme Algérienne) ne dépasse pas 500 mg/Kg de sédiment (fig. 47).



3.5.10. Résultats des quantifications du nickel.

Le nickel (Ni) a une origine industrielle due aux traitement de surface et la galvanoplastie. C'est un oligoélément essentiel et sa toxicité pour des doses de 1 mg / l d'eau pour les algues et les poissons. Les 7 stations d'étude ne sont pas polluées par le nickel sachant que la norme est de 0,075 g/Kg de sédiment selon les Recommandations Algériennes du Ministère Délégué à l'Environnement (1991) [26] (fig. 48).



3.5.11. Normes et classes de pollution par le calcul de l'indice de contamination.

Dans la plupart des études antérieures concernant la pollution, les auteurs ont défini des classes correspondant à un certain niveau de pollution. Ainsi on peut calculer l'indice de contamination (IC.) qui est le rapport entre la valeur considérée comme normale et ce qui est effectivement quantifié dans le sédiment. Si $IC. < 3$ la situation est normale, $3 \leq IC. < 10$ on a une pollution du sédiment et enfin si $10 \leq IC.$ on est dans une zone à risque.

Pour nous permettre d'avoir un aperçu sur le degré de pollution du sédiment du golfe d'Annaba nous avons établie des courbes d'IC pour chaque métal (fig. 49).

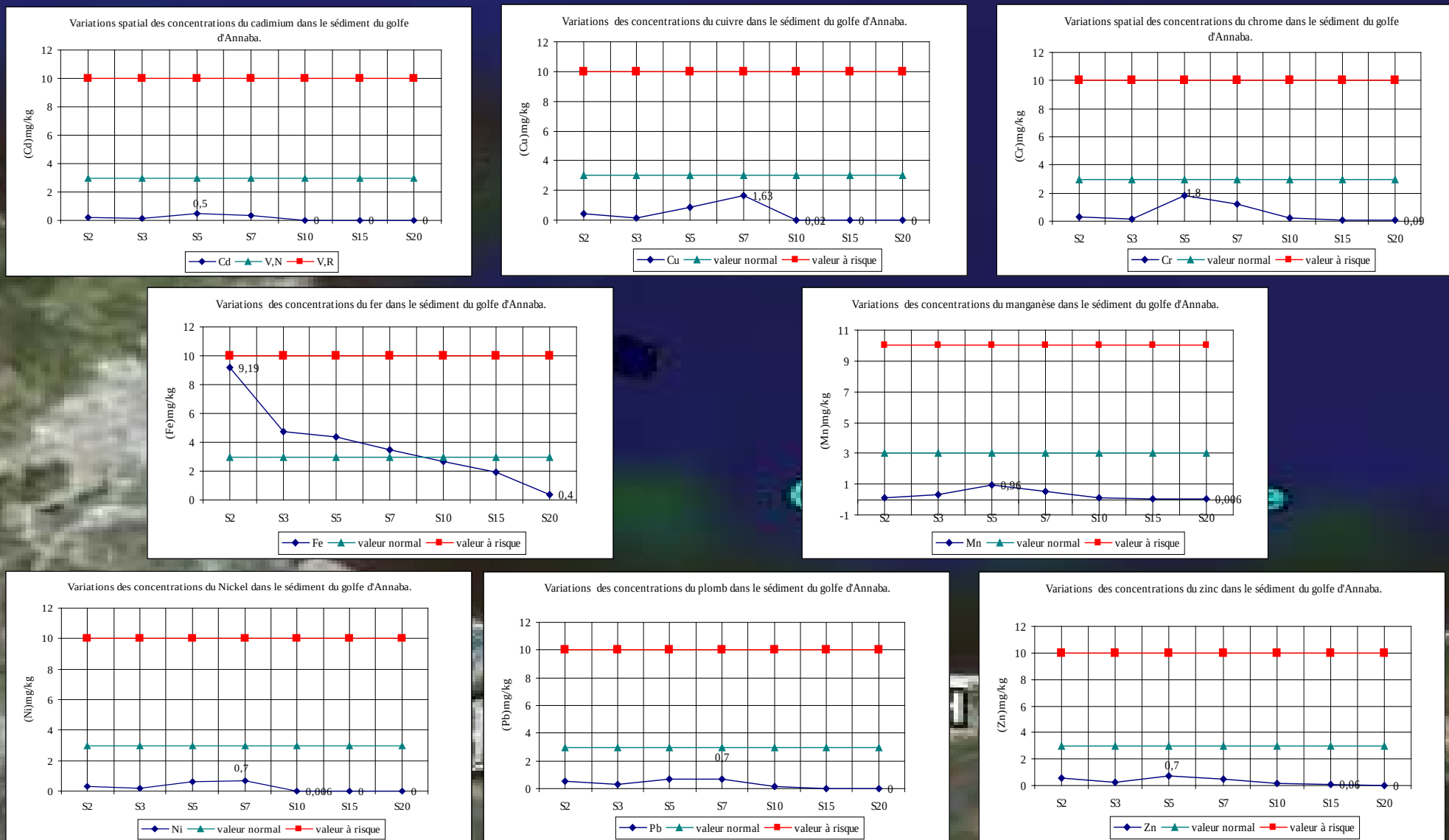


Fig. 49. Récapitulation des résultats des métaux lourds dans le sédiment superficiel de la baie d'Annaba.

4. Discussion et conclusion

4. Discussion et conclusion.

L'évaluation de la qualité du milieu marin le long du littoral d'Annaba par les analyses des paramètres physico- chimiques, bactériologiques et organiques des eaux marines superficielles ainsi que la quantification des métaux lourds dans le sédiment nous a permis d'établir un diagnostic préliminaire de l'état de la pollution de ce écosystème côtier.

Pour gérer rationnellement et maîtriser la pollution des eaux, il faut arriver à étudier tout ce qui concerne les apports (charges), la distribution et le sort des contaminants, y compris les métaux lourds d'origine terrestre qui se déversent dans les écosystèmes aquatiques. Il faut en particulier en étudier les quantités et les caractéristiques qualitatives, ainsi que les itinéraires qu'ils empruntent quand ils se dispersent, leur destinée et leurs effets sur le biote. Pour pouvoir évaluer le niveau de contamination de l'environnement méditerranéen, il a fallu entreprendre plusieurs programmes de suivi de la pollution et travaux de recherche au sein de diverses universités et instituts scientifiques de la région. Parmi les programmes les plus pertinents nous citons le programme de surveillance continue de la pollution en Méditerranée (MEDPOL) qui englobe également l'Afrique du Nord.

Il n'est pas aisé d'évaluer l'eutrophisation du golfe d'Annaba du fait des conditions de hautes variabilités naturelles, brassage par les marées, influences des perturbations climatiques etc. Par ailleurs on doit noter la rareté des séries chronologiques relatives aux évaluations des paramètres physico chimiques, bactériologiques et autres contaminations par les hydrocarbures ou encore les métaux lourds. Sous ses airs de paradis Marin, le littoral Algérien est victime d'un profond malaise écologique. La croissance démographique galopante des villes côtières, la pollution, l'afflux touristique inquiétant en été, menacent la faune et la flore de notre baie. En effet, on a souvent tendance à considérer la mer comme le tout-à-l'égout: pétrole, polluants chimiques, déchets, goudrons, métaux... qui menacent à la fois la faune et la flore marine et d'autres part notre propre santé.

Ces 10 dernières années, les techniques d'échantillonnage et d'analyse appliquées aux paramètres physico chimique, bactériologiques, hydrocarbures et métaux lourds se sont également considérablement améliorées. Ces progrès, joints à la réalisation

d'opérations internationales d'inter étalonnage ont permis de réunir des données plus fiables. On s'est efforcé, dans le présent document, de rassembler et d'analyser les renseignements disponibles concernant la présence de polluants dans les écosystèmes tant des eaux marines d'Annaba, de manière à contribuer à l'élaboration de politiques rationnelles de gestion des ressources aquatiques du pays. La décision d'examiner les données concernant les eaux marines provient de la nécessité d'adopter une approche holistique dont puissent s'inspirer les futures stratégies de lutte.

Concernant la pollution de l'eau liée aux paramètres physico chimiques, elle est souvent due aux rejets d'industrie qui puisent de l'eau de mer pour refroidir leurs systèmes et la rejette en mer, cela provoque une forte élévation de température au point de rejet ou encore une augmentation ou une baisse du pH. Il en est de même pour les stations de désalement qui rejettent en mer des eaux saturées en sels.

Pour ce qui est de l'O₂, il faut savoir qu'en méditerranée son stock dans l'eau n'est pas inépuisable il est limité par les quantités d'O₂ dissous que les eaux de surface emportent avec elles lors de leurs plongée hivernale. Ainsi, les apports terrestres en substances polluantes s'ils se poursuivent au rythme actuel entraîneront la consommation totale de l'O₂ des eaux des fonds vers 2020 pour la méditerranée occidentale et vers 2035 pour la méditerranée orientale.

Au début du 21^{ème} siècle, la méditerranée pourrait commencer à présenter quelques caractéristiques de la mer noire et de la mer baltique c'est-à-dire une anoxie des eaux profondes avec pour conséquence une prochaine disparition de la faune benthique et son remplacement par des micro-organismes anaérobies [24].

Concernant la température, la valeur maximale est obtenue au niveau du site 2 (Asmidal) en août, ceci s'explique par l'activité du complexe qui utilise de mer pour refroidir ses installations en plus, ce site comporte un rejet industriel oued Boudjemaa. Malgré cela, les températures enregistrées tout le long de la période d'étude sont < 30°C valeur limite (tab. 9) mettant ainsi en évidence la conformité de ce rejet avec les normes Algérienne .en vigueur. La valeur minimale à été enregistrée en décembre 2004 dans les eaux du site 19 (Ain Achir), ceci s'explique par la forte intrusion du large du bassin Méditerranéen à l'origine d'un renouvellement continu de ces eaux.

Au niveau des ports, les températures de l'eau sont en relation avec les conditions climatiques elles sont maximales en mai et minimales en décembre.

Pour ce qui est de la salinité, les concentrations maximales sont enregistrées en août, conséquence de l'importance de l'intensité d'évaporation lors des forts réchauffements durant l'été 2005 alors que les minimales sont mesurées en février. Ce résultat s'explique par la dilution des eaux de mer par les fortes précipitations durant cette période. Enfin, on peut dire que les fluctuations de la salinité des eaux, sont en relation avec les conditions climatiques, la salinité de l'eau de mer variant entre 30 et 40 g/l (tab. 9) l'eau de la baie d'Annaba est alors euryhaline.

La variabilité spatio-temporelle du pH est relativement faible cependant, toutes les valeurs enregistrées dépassent la valeur limite inférieure avec un dépassement de la valeur limite supérieure, pour le site 2 (Asmidal) en avril et en juin et pour les sites 4, 5, 6, 9, 10 et 12 en mai. Cette tendance basique du pH peut être expliquée par un apport important d'eau douce tellurique et par le pH alcalin des produits chimiques rejetés par Asmidal (S2) et par l'oued Boudjema. Ce constat met en évidence une non-conformité de ces rejets d'effluents avec la réglementation en vigueur. Cependant les valeurs du pH enregistrées pour le reste des stations témoignent d'absence de pollution.

Pour ce qui est de l'O₂ dissout, il est le plus important parmi les gaz dissous dans l'eau, les valeurs maximales sont enregistrées en décembre au niveau du site 20 (Ain Achir) où les eaux de la baie bénéficient d'un renouvellement continu en régime de courantométrie ouvert dans cette station aux intrusions du large. Il en est de même en automne période coïncidant avec une intense activité photosynthétique. Dans les ports, les valeurs minimales de l'oxygène dissout sont obtenues durant la période printanière, cela peut être lié à une pollution permanente par les hydrocarbures rejetés par les nombreux bateaux.

Les valeurs du tableau 15 nous permettent d'établir une comparaison entre nos résultats et ceux de différents auteurs. Pour apprécier ces résultats nous les avons regroupés par saisons.

Tableau.15: Comparaison des résultats obtenus (physico-chimique) avec ceux de différents auteurs d'Annaba. PP: période printanière, PE : période estivale, PA : période automnale et PH : période hivernale.

	Température				Salinité				pH				Oxygène dissous				Référence
	P.P	P.E	P.A	P.H	P.P	P.E	P.A	P.H	P.P	P.E	P.A	P.H	P.P	P.E	P.A	P.H	
Oued seybouse	21.83	27.5	21	15.1	32.33	35.35	36.75	35	-	-	-	-	-	-	-	-	Ounissi (1999)
	20.21	25.8	19.63	13.06	36.46	38.04	36.37	36	-	-	-	-	-	-	-	-	Ouali (2004)
- Rezigue Rachid	21.16	28	22	14.87	35.26	36.25	37	36.25	-	-	-	-	-	-	-	-	Ounissi (1999)
	20.33	26.16	22.86	15.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Gharsallah(2002)
	-	-	-	-	36.37	37.34	-	-	8.07	7.76	-	-	96.47	86.11	-	-	Service de révention (2003)
	19.4	25.35	19.57	12.97	37.15	38.17	36.37	35.46	8.30	8.01	7.63	7.27	36.7	35.9	61.9	73.45	Ouali (2004)
Réfès zahouen	20	27.02	20.75	14.5	36.3	36.07	36.10	36.75	-	-	-	-	-	-	-	-	Ounissi (1999)
	19.33	25.93	23.76	15.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Gharsallah(2002)
	-	-	-	-	36.62	37.01	-	-	8.11	7.85	-	-	82.18	89.08	-	-	Service de Prévention (2003)
	19.35	25.44	19.24	12.75	36.26	38.16	36.39	36.51	7.94	8.05	7.4	7.23	42.75	39.7	69.01	82	Ouali (2004)
Ain achir	19.58	27.62	21.5	14.95	37.46	38.12	37.90	37.15	-	-	-	-	-	-	-	-	Ounissi (1999)
	17.5	25	23.4	15.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Gharsallah(2002)
	-	-	-	-	36.7	37.27	-	-	8.26	7.80	-	-	75.60	96.33	-	-	Service de prévention (2003)
	19.25	24.48	19.68	12.68	37.22	38.48	37.17	36.45	7.86	8.01	7.3	7.03	53.33	35.41	89.26	83.96	Ouali (2004)
Port de pêche	20.38	-	-	-	25.7	-	-	-	7.81				58.3	-	-	-	Boudjeber (2002)
	18.01	-	-	13.26	26.08	-	-	25.21	7.98			7.03	35	-	-	47.06	Ouali (2005)
Port commercial	20.44	-	-	-	25.96	-	-	-	7.93	-	-	-	48.3	-	-	-	Boudjeber (2002)
	17.38	-	-	13.2	26.19	-	-	25.21	7.96	-	-	7.02	38.4	-	-	61.33	Ouali (2005)
Norme	30 C°				35‰				6.5 - 8.5				120 %				

Nous avons établi également un tableau comparatif (tab. 16) entre les résultats des paramètres physico chimiques enregistrés sur une année et réalisés sur les eaux du golfe d'Annaba et ceux de la baie de Skikda (tab. 16).

Tableau 16 : Représentation comparative des résultats obtenus (physico-chimique) avec ceux de Skikda.

	T (°C)	S (‰)	pH	O₂ (%)	Références
Baie d'Annaba	21.08	36.25	-	-	Ounissi (1999)
Baie de Skikda	27.09	40.23	8.15	50.06	Gueddah (2003)
Baie d'Annaba	19.31	36.84	7.76	54.04	Ouali (2004)

Le Tableaux 16 montre que l'évaluation des paramètres physico-chimiques est conforme à celle obtenue pour la même région par Ounissi (1999) [28]. Cependant nos valeurs sont largement inférieures à celles mesurées sur les côtes Algériennes (voir travaux sur la baie de Skikda [31]).

Nos résultats montrent qu'en général, du point de vu thermique, pH, O₂ dissous et salinité les eaux du golfe d'Annaba ne présentent aucune pollution. Leur qualité sur le littoral peut être considérée comme conforme aux normes Algériennes (tab. 9).

Concernant la pollution de l'eau liée aux paramètres bactériologiques elle est provoquée par les eaux usées d'origine domestique et industrielle. Pendant la saison estivale, on constate sur la côte d'Annaba, due à l'arrivée massive des touristes, une augmentation de la pollution des eaux marines par des matières organiques fermentescibles d'autant plus que les stations d'épuration sont absentes ou saturées. Des études ont montré que le déversement d'effluents urbains (fig. 50) à raison de seulement $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ à suffit à dégrader voire à détruire totalement le peuplement sous-marin sur plus d'une centaine d'hectares jusqu'à une profondeur de 40 m. Les rejets de l'agglomération de Marseille par exemple ont provoqué des dégâts encore plus catastrophiques ainsi les peuplements infra-littoraux à *Cysioseira stricta*, une grande algue brune, étaient altérés par cette pollution dès 1975 sur une vingtaine de km^2 .

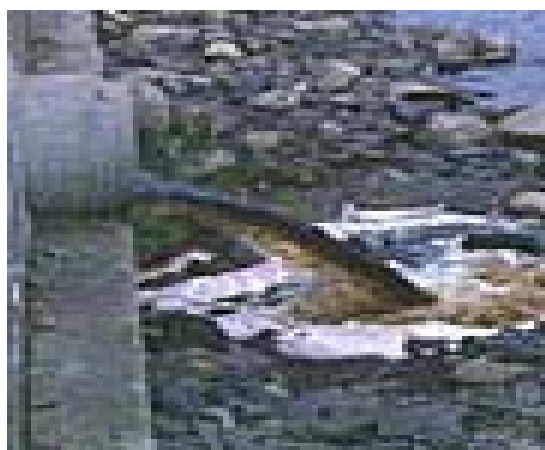


Fig. 50 : Photographies montrant un déversement d'eaux usées directement dans le littoral.

La mise en service de stations d'épuration traitant 50% des eaux usées de la région d'Annaba, permettra de reconstituer de manière significative des communautés marines dans les zones dégradées du golfe. Sachant que l'on estime que la population devrait être multipliée par 4 d'ici à l'an 2025, il faut être très vigilant envers les intentions des promoteurs immobiliers et autres, pour ne pas que les conséquences de la destruction du littoral et de sa flore soit irréversibles.

L'indice de Bourgeois indique que la pollution est essentiellement d'origine humaine dans 2 stations (Oued Seybouse S2 et la caroube S12). Ce constat montre encore une fois l'importance de stations de traitement des eaux usées domestiques

avant leur déversement dans l'eau de mer.

Selon le tableau 9, les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité, 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.

L'évaluations de la qualité microbiologique des eaux côtières de la baie d'Annaba, nous a permis de mettre en évidence une prédominance des streptocoques fécaux, suivis des coliformes totaux et enfin les coliformes fécaux.

D'un point de vue temporel, nous avons enregistré dans les eaux des stations sidi Salem (S1), Oued Seybouse (S2), Rezgui Rachid (S8 et S9), Rizi Amor (S10 et S11), La caroube (S12 et S13), Refes Zahouane (S14 et S15), Le Belvédère (S16 et S17), des concentrations qui dépassent de loin la valeur guide, particulièrement en automne et en été pour les SF. Pour les coliformes totaux et fécaux, ce phénomène est rencontré seulement en automne conséquence des apports urbains et de l'Oued Seybouse. La contamination reste inférieure aux valeurs guides en période de crue.

Dans les autres stations: La plage militaire (S18) et Ain Achir (S19 et S20), les contaminations sont < aux valeurs guides avec des exceptions pour les streptocoques fécaux qui dépassent les normes dans la station S18 en juillet et août, la station 14 en juin, juillet et août et dans la station 15 pendant la période estivale, résultats de la présence accrue d'estivants sur ces plages. Le reste de l'année, les eaux marines de ces plages sont de bonne qualité bactériologique.

Plus on s'éloigne de l'influence des courants, plus le spectre de la pollution tellurique par les rejets d'eau usées est à craindre ce qui nécessite une surveillance continue car on y quantifie des valeurs dépassant les normes pour les streptocoques fécaux qui représentent un test de contamination plus significatif que celui des coliformes fécaux. C'est un meilleur indicateur de la salubrité des eaux à usage récréatif, sachant leur capacité de résistance aux agents chlorés et donc à leur persistance dans le milieu marin.

Une surveillance continue doit être également mise en place concernant les coliformes totaux pour la station Rizi Amor et les coliformes fécaux pour les stations S8, S9 et, S10, S11 et S12 due à la présence de nombreux égouts sur ces plages.

Ils nous semble logique que les stations Oued Seybouse (S2), Rezgui Rachid (S8, S9), Rizi Amor (S10, 11), La Caroube (S12, S13), soient les plus contaminées, du fait qu'elles soient les plus urbanisées. Sachant que les eaux usées de cette zone sont rejetées

sans aucun traitement préalable dans le littoral, de plus la charge polluante rejetée par les émissaires ne permet pas une autoépuration efficace des eaux. Aussi la menace d'une contamination des baigneurs par les bactéries pathogènes est à redouter, à fortiori en période estivale.

La localité la plus saine est la plage militaire et Ain Achir. Cette dernière ne reçoit aucun rejet et bénéficie d'un renouvellement continu de ces eaux en régime courantologie de la baie, et en effet la disparition des bactéries dans un milieu où elle devraient être présentes peut être attribué soit à des causes purement physiques comme la dilution ou la dispersion soit à la mortalité biologique intrinsèque par l'inadaptation au milieu, la carence en nutriments ou encore la compétition interspécifique et la mortalité due au rayonnement solaire. Ainsi, Les stations: plage militaire et Ain Achir semblent être les plus néritique et les plus éloignées des influences continentales.

Pour les eaux des ports d'Annaba, les résultats montrent une prédominance des coliformes totaux, suivis des streptocoques fécaux et enfin les coliformes fécaux. Les concentrations sont dans tous les cas > aux valeurs guides Algériennes en revanche nous avons dénombré une déplétion des contaminations en période de crue. Il faut savoir que les ports d'Annaba reçoivent de la majorité des rejets urbains.

En général, nos résultats montrent une contamination très importante et ce dans toutes les stations d'étude. Les valeurs guides requises par le décret exécutif n°93-164 du 10/07/1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade, sont largement dépassées aussi bien pour les coliformes totaux et fécaux que pour les streptocoques fécaux. Toutes les eaux analysées sont de mauvaise qualité bactériologique. Ce résultat montre la nécessité de mettre en place une surveillance et assurer un suivi continu rigoureux. (Le tableau 17 nous permet d'établir une comparaison entre nos résultats avec ceux d'autres auteurs).

Le calcul de l'indice de Bourgeois, montre que la contamination bactérienne des eaux de la baie d'Annaba est généralement d'origine animale. Ceci s'explique par le fait que tout le secteur ouest de la baie: La caroube, Refess Zahouene, Belvédère, la plage militaire et Ain Achir, est de nature rurale et à vocation agricole où les activités d'élevages d'animaux sont courantes. Cet indice montre qu'en période estivale la station Oued Seybouse penche pour une contamination fécale de prévalence humaine. Cette conclusion reste valable pour la même station en période automnale. En dehors de ces périodes ces stations penchent pour une contamination fécale d'origine animale.

Tableau.17 : Comparaison des résultats des contaminations moyennes en germes /100 ml d'eau du golfe d'Annaba avec ceux de divers auteurs.

	Coliformes Totaux	Coliformes Fécaux	Streptocoques Fécaux	Références
Rezgui Rachid	104.66	31.08	372.41	Centre de santé 2001/02
	140.33	36.75	428.16	Centre de santé 2002/03
	3556	1214	2093	Gharsallah (2002)
	78.04	50.83	479.37	Ouali (2005)
Rizi Amor	315.25	41.5	557.41	Centre de santé 2001/02
	220.33	27.66	733.41	Centre de santé 2002/03
	1556	116	2152	Gharsallah (2002)
	259.83	49.62	668.49	Ouali (2005)
La caroube	229	35.33	276.25	Centre de santé 2001/02
	116.75	40.5	531.33	Centre de santé 2002/03
	137.13	70.91	384.5	Ouali (2005)
Refes Zahouen	34.08	15.6	214.83	Centre de santé 2001/02
	21.16	6.41	87.41	Centre de santé 2002/03
	1556	116	2152	Gharsallah (2002)
	17.4	6.20	195.33	Ouali (2005)
Belvédère	25.33	2.33	70.66	Centre de santé 2001/02
	18.16	3.75	58.91	Centre de santé 2002/03
	16.88	3.49	304.99	Ouali (2005)
Ain Achir	12.75	1.16	98.41	Centre de santé 2001/02
	12.83	4.41	74.25	Centre de santé 2002/03
	16	2	363	Gharsallah (2002)
	12.75	0.41	65.41	Ouali (2005)
Valeur Guide	500	100	100	
Valeur Limite	10000	2000		

L'étude comparative du tableau 17 nous permet de constater que nos taux de germe observés sont conformes à ceux obtenus par d'autres auteurs dans les mêmes zones au cours de suivis ultérieurs (Centre de santé 2002 / 2003 / 2004). Cependant nos résultats sont largement inférieurs à ceux observés par Gharsallah (2002) [29] et ceci serait la conséquence de la mise en place de mesure de prévention par les services d'hygiène.

Concernant la pollution des eaux du littoral d'Annaba liée aux hydrocarbures, il faut savoir que le pétrole déversé en mer lors de son transport constitue une pollution importante et préoccupante à l'échelle globale. On estime à 1/2 million de tonnes par an la quantité d'hydrocarbures introduite dans la méditerranée par l'activité humaine ce qui constitue par conséquent une cause fondamentale de sa pollution sachant qu'une tonne peut recouvrir environ une surface de 12 km²; la méditerranée est donc contaminée de façon quasi permanente par un film d'hydrocarbures. Aussi dramatiques que soient les conséquences à court terme d'une pollution par hydrocarbure, il n'y a donc quasiment pas de traces à long terme.

Dans l'eau, les hydrocarbures sont absents dans les stations d'étude, ce résultat est conforme aux normes Algériennes en vigueur notamment pour les 2 ports où les valeurs maximales sont observées au printemps avec un maximum en juillet pour le port de commercial conséquence du transport maritime caractérisé par son intensité en cette période. Notons comme même le cas du port de pêche en avril où les concentrations en hydrocarbures dépassent les 20 mg / l d'eau (valeur limite: décret exécutif n° 93-160). Dans ce cas, une surveillance continue doit être mise en place le plutôt possible par les autorités portuaires d'Annaba.

Pour nous permettre d'avoir une idée sur le degré de pollution des ports d'Annaba nous avons établi un tableau comparatif (tab. 18) représentant les résultats obtenus dans les ports de Skikda. Nous pouvons ainsi constater que les concentrations mesurées au cours de notre étude sont comparables à celles observées par Rouibi (2002) [32]. Cependant, les valeurs enregistrées en 1998 par le L.E.M. [33] ou encore celles de Gueddah en 2003 [31] sont largement inférieures à celles de notre étude. Ce constat s'explique par le fait que l'entreprise portuaire de Skikda a mis en place

depuis 5 ans des mesures de prévention très strictes tout en appliquant des mesures répressives.

Tableau.18 : Représentation comparative de la pollution par les hydrocarbures des ports de Skikda et d'Annaba.

Port	Site	Hydrocarbures totaux	Références
Skikda	Ancien port	1.48	L. E. M. (1998)
	Port de pêche	3.91	
Skikda	Nouveau port	33.35	Rouibi E. (2002)
Skikda	Ancien port	1.74	Guedah D. (2003)
	Port de pêche	2.07	
	Nouveau port	1.82	
Annaba	Port commercial	28.83	Ouali N. (2005)
	Port de pêche	26.20	
Normes algériennes		20 mg/l	J.O.N°46 (juil, 1993)

Concernant la pollution du sédiment superficiel par les métaux lourds, nos résultats montrent une prédominance du fer. Ainsi, une forte contamination en fer est enregistrée dans le site 2 (oued Seybouse), avec un indice de contamination la rangeant selon les normes Françaises comme sédiment très pollué. Il s'agit par conséquent d'une zone à risque indiquant l'existence d'une source potentielle par ce métal. Il s'agit certainement des émanations et poussières sidérurgiques provenant du complexe Metal stell (El hadjar) en plus de la commercialisation à ciel ouvert du fer et de ses dérivés sous forme de particules dans le port commercial d'Annaba. Des concentrations aussi élevées sont observées également dans les sédiments des sites 3, 5, 7, 9 et 10 confirmant par leur appartenance à la classe 2, la pollution par le fer.

Pour l'arsenic, seules des traces sont rencontrées dans les sédiments autrement l'absence est totale dans pratiquement toutes les stations. Tous les résultats sont en deçà de la valeur guide indiquant l'appartenance du sédiment à la classe 1 (norme française), ce qui indique que le sédiment est naturel et non pollué par l'arsenic. Il faut savoir que l'arsenic à 0,05 mg / l d'eau provoque le cancer de la peau, la conjonctivite, le cancer des voies respiratoires, une paralysie, des céphalées, une anémie et des atteintes nerveuses. Il est mutagène et sa bioaccumulation est mortelle à 130 mg ou 12 mg/l avec effets possibles 6 à 20 ans après ingestion. Chez les invertébrés il est mortel à 9,1 mg/l, chez les poissons (foie, rein, cerveau) à partir de 1,1 mg/l, dans les aliments végétaux à raison de 3,5 mg / Kg (USA) alors que pour la

contamination des sols sa concentration est toxique à 4 mg/Kg et pour l'eau d'irrigation à 1 mg/l (Greenpeace (1990)).

La présence du cadmium dans le site 5 (port commercial), et 7 (port de pêche) avec une concentration l'assignant dans la classe 2 des normes Hollandaises indiquant qu'il s'agit d'un sédiment pollué. Il s'agit probablement d'une conséquence de l'utilisation de peinture anti-fouling dans le recouvrement des coques des bateaux (voir annexe 20). Si nous nous référons aux normes Algériennes ou encore Française, notre sédiment appartient à la classe 1 c'est-à-dire à une zone où la présence du cadmium est naturelle et le sol non pollué. La bioaccumulation du cadmium est mutagène à partir de 0,15 mg / l elle provoque la maladie d'Itaï-itaï attaque le foie, pancréas, thyroïde, reins, poumons, lésions osseuses avec des nausées et des vomissements. Sa dose mortelle est de 400 mg et sa toxicité augmente en présence de Zn, Cu ou Cyanure. Le cadmium est mortel chez les invertébrés à raison de 0,1 mg/l, chez les poissons (ouïe, foie, rein) à 0,01mg/l, pour l'eau d'irrigation à 28 mg/l où inhibiteur de la photosynthèse [24].

Pour le Cuivre, le sédiment des ports d'Annaba appartient à la classe 3 des normes Hollandaises indiquant un sol très pollué et un sol seulement pollué selon la norme française et le site 2 à la classe 2 sol pollué. Ces sédiments sont classés respectivement pollué et non pollué si on applique les normes Algériennes. Une source de pollution est à recherché dans les 2 ports d'Annaba. Il s'agit probablement, comme c'est le cas du cadmium et du plomb aux peintures anti-fouling dans le recouvrement des coques des bateaux (voir annexe 20). Il faut savoir que le cuivre à raison de 1 mg / l provoque des gastro-entérites, des nausées, des vomissements et des diarrhées alors que chez les invertébrés et Poissons (ouïe, foie, muscle) il est toxique à partir de 0,02 – 3 mg/l, dans l'aliment végétal à 20 mg / Kg (USA), dans le sol à 4 mg/Kg et dans les eaux d'irrigation à partir de 0,1 mg/l [26].

Selon les différentes normes, les valeurs de contamination pour le mercure, le manganèse et le nickel indiquent une absence de pollution, ce qui nous permet de constater que le sédiment du golfe d'Annaba est naturel et non pollué par ces 3 métaux. Il faut savoir que le mercure à raison de 0,005 mg / l d'eau provoque des tremblements, des perturbations sensorielles, une déchéance intellectuelle, une salivation et une transpiration intense ou une paralysie nerveuse. Ces effets toxiques sont renforcés chez le fœtus. La bioaccumulation de métal est cancérigène et sa dose

mortelle est de 3 à 30 g sa toxicité augmente avec le cuivre. Chez les invertébrés le mercure est toxique à partir de 0,008µg/l chez les poissons à 0,004 mg/l et dans l'aliment végétal à 0.1mg / Kg (USA) [26].

Pour ce qui est du nickel il est inoffensif par voie orale, toxique par inhalation ou par ingestion. Chez les poissons il est toxique à partir de 0,8 mg/l et dans l'eau d'irrigation à 15 mg / l [26].

Les concentrations de chrome total (III et IV) mesurées dans les sédiments des stations 5 et 7 indiquent une pollution (classe 2) si on se réfère aux normes Hollandaises. Ce constat est également conforté par les normes Algérienne et Française particulièrement pour le site 5 où le sédiment appartient à la classe 3 indiquant une zone à risque. Le reste des stations reste propre.

Pour le plomb, les indices de contamination (normes françaises) placent les sédiments des sites 2, 3, 5 et 7 dans la classe 2 correspondant à une zone polluée. A l'exception du site 3, cette constatation est appuyée par les normes Hollandaises dans les 3 autres prélèvements. Il faut savoir que la bioaccumulation du plomb à partir de 0,05 mg / l d'eau est tératogène et mutagène, elle provoque des constipations, perte d'appétit, morosité, paralysie progressive et saturnisme. Ces effets toxiques sont renforcés chez l'enfant et le fœtus et la dose dangereuse est estimée à 1mg/ jour. Le plomb est toxique chez les poissons à partir de 1,4 mg/l, en irrigation à 50 mg/l et dans l'aliment végétal à 7 mg / Kg (USA) [26].

Si nous utilisons les normes Algériennes pour le plomb toutes les valeurs enregistrées sont en dessous de la norme et par conséquent la composition du sédiment est naturelle.

Les concentrations en zinc observées indiquent que le sédiment dans les stations 2, 5 et 7 est pollué. En effet, ils appartiennent à la classe 2 des normes Hollandaise. Ce résultat est appuyé par les normes Françaises à l'exception du site 7 classé dans la catégorie 1.

L'ensemble de ces résultats montre l'importance de rechercher l'origine de ces métaux en amont pour en réduire les rejets. La proximité d'entreprises polluantes du littoral est une condition favorable à sa dégradation. Pour permettre de comparer nos résultats nous proposons des tableaux 19 et 20 des valeurs requises et recommandées par les législations Algériennes, Hollandaises et Française.

Tableau 19: Comparaison des teneurs en métaux lourds obtenus dans les sédiments des ports d'Annaba avec d'autres ports Algériens [C] en mg / kg de sédiment.

	Ar	Cd	Cu	Cr	Hg	Pb	Zn	Fe	Mn	Ni	Référence
Port de Sidi-Fredj	-	-	34.31	-	0.068	-	109.45	12500	-	-	Boudjellah (1995)
Port de Cherchell	-	-	178.58	-	0.32	-	682.98	11900	-	-	
Port de Ghazaouet	-	-	66.15	-	3.45	-	3045.31	27000	308.61	-	
Port de Alger	-	-	105	-	1.20	-	414.29	31820	258.11	-	Boudjellah (1999)
Port de Arzew	-	-	37.71	-	0.52	-	137.54	23800	-	-	In Boudjellah (1995)
Skikda (Ancien port)	-	0	58.66	63.47	0.91	129.6	175.87	16846.5	260.5	40	Gueddah (2003)
Skikda (Port de pêche)	-	0	45	38.33	1.07	145	85	14935.5	115	35	
Port de Mostaganem	-	-	47.66	-	-	-	142.96	-	219.43	-	Hariti <i>et al.</i> , (2000)
Port d'Annaba	-	-	116.77	-	-	-	427.6	-	279.38	-	
Port d'Annaba	-	-	141	-	1.9	-	638	30000	-	-	In Boudjellah (1995)
Port d'Annaba	-	-	208	295	-	-	401	-	203.78	-	Ghersallah (2002)
Annaba (Port commercial)	traces	1.5	125	470	<0.04	165	350	21875	480	45	Ouali (2005)
Annaba (Port de pêche)	traces	1	245	314	<0.02	175	247	17450	260	50	
Normes hollandaises (Limite A)	-	0.8	36	100	0.3	85	140	-	-	-	Donze (1990) Davis <i>et al.</i> , (1990)
Normes françaises (IC)	10	0.6	26	45	0.2	22	88	2000	400	45	Agence du Bassin de Rhône (1990)
Recommandations algériennes	-	3	150	250	1.5	250	500	-	-	75	Ministère Délégué à L'Environnement (1991)

Tableau 20: Représentations des teneurs en métaux lourds dans les sédiments des ports d'Annaba et de Méditerranée [C] en mg / kg de sédiment.

	Hg	Fe	Cu	Zn	Références
Alexandrie (Egypte)	3	32500	27.2	52.6	<i>In Boudjellah (1995)</i> (EL. Sayed <i>et al.</i> , (1982))
Constanza (Roumanie)	-	29300	47.24	119.7	<i>In Boudjellah (1995)</i> (Pechelan (1982))
Arcachon (Fance)	-	-	130	160	<i>In Boudjellah (1995)</i> (Carresco <i>et al.</i> , (1986))
Mersina (Turquie)	3.75	33000	72	750	<i>In Boudjellah (1995)</i> (Saliholglv <i>et al.</i> , (1989))
Annaba (Algérie)	<0.04	21875	125	350	Ouali (2005)
Normes Hollandaises (Limite A)	0.3	-	36	140	Donze (1990) Davis <i>et al.</i> , (1990)
Normes Françaises (I.C.)	0.2	5000	26	88	Agence du Bassin de Rhône (1990)
Recommandations Algériennes	1.5	-	150	500	Ministère Délégué à L'Environnement (1991)

Conclusion

Il existe dans le milieu marin 2 types de conséquences de la pollution. Tout d'abord les conséquences directes qui sont visibles à la surface de l'eau comme les marées noires par exemple. La pollution marine agit sur l'homme de façon nocive. Lorsqu'il mange des produits de la mer et lorsqu'il se baigne, ce sont des conséquences indirectes. La pollution peut avoir des conséquences à long terme sur le milieu marin, cela dépend de son origine. La pollution biologique est vite résorbée, quant à la pollution chimique elle ne peut disparaître sans l'intervention de l'homme. Il faut aussi tenir compte que le littoral Algérien a longtemps été considéré, en raison même de son immensité, comme la « poubelle » du pays.

Près de la mer vivent plus des 3/4 de la population Algérienne et c'est là que souhaite vivre dans l'avenir une population qui va doubler dans les 20 années avenir. La pollution du littoral Algérien est certainement un des aspects les plus dramatiques de l'altération de l'environnement, non seulement en raison de l'importance de la superficie couverte par la mer, mais aussi parce que, en définitive, les polluants émis sur les terres émergées, comme dans l'atmosphère, finissent tôt ou tard par atteindre la mer, par la voie des oueds et du ruissellement pour les premiers, par simple chute, aidée ou non par les pluies, pour les seconds.

Dans le golfe d'Annaba nous avons noté l'existence de conditions physico-chimique et climatologique qui maintiennent les bactéries en survie malgré leur présence en milieu hostile par sa salinité et ses pressions. En effet, et surtout en été, l'augmentation de la température et l'accroissement des populations entraînent une surcharge microbienne notamment dans les stations: Sidi Salem (S1), Oued Seybouse (S2), Rezgui Rachid (S8, S9), Rizi Amor (S10 et S11), la Caroube (S12 et S13), Refes Zahouane (S14 et 15), Belvédère (S16 et 17) et ce après plusieurs heures dans l'eau de mer. Les concentrations en streptocoques dépassent les valeurs limites (réglementation Algérienne), cette contamination d'origine animale est due aux rejets d'eaux usées non préalablement assainies. Elles sont rejetées directement en mer rendant ces plages inadaptées à la baignade.

Les résultats d'analyse de la charge métallique et organique ont mis en évidence des concentrations élevées de ces polluants particulièrement dans les eaux et sédiments des ports. Une prédominance du fer conséquence de la pollution de l'air, des sols et des eaux d'Annaba par l'industrie métallurgique est retrouvée dans les sédiments.

Deux zones dépourvues de toute pollution sont à préserver, il s'agit de la plage militaire et Ain Achir. En plus de leur éloignement des sources de pollution, elles bénéficient d'un renouvellement continu de leurs eaux (voir fig.51).



Fig. 51. Récapitulation du niveau de la pollution dans la baie d'Annaba.

(Orange) : Pollution des eaux superficielles par la salinité. (Blue) : Pollution des eaux superficielles par les Coliformes Totaux. (Light Blue) : Pollution des eaux superficielles par les Coliformes Fécaux. (Light Blue) : Pollution des eaux superficielles par les Streptocoques Fécaux. (Yellow) : Pollution des eaux superficielles par les Hydrocarbures Totaux. (Dark Red) : Pollution du sédiment superficiel par le Cuivre. (Purple) : Pollution du sédiment superficiel par le Chrome. (Light Yellow) : Pollution du sédiment superficiel par le Fer.

Perspectives

En perspectives les analyses effectuées dans la baie d'Annaba sont partielles et irrégulières elles indiquent aucune précisions, pour cela il faudrait mettre en œuvre une politique de sécurité et de protection de l'environnement notamment par :

1. La mise en place d'une réglementation qui interdit tous rejet d'effluents liquides entraînant des stagnations, des incommodités de contacts avec les eaux côtières avant traitement.
2. Tout effluent doit subir un traitement pour pouvoir être rejeté dans un milieu récepteur interdisant tous déversements de substance de nature à favoriser la manifestation d'odeur ou de couleur anormales dans les eaux naturelles.
3. La création d'un système de surveillance permanent, la mise en place des laboratoires spécialisés pour assurer la surveillance des eaux de baignade, la création d'un observatoire du littoral qui sera un appui à l'administration et aux professionnels de la mer et d'une banque de données environnementales.
4. Penser à copier la mise en place d'un pavillon Bleu d'Europe utilisé comme un éco-label qui distingue et valorise les communes et les ports du littoral qui répondent à des critères d'excellence pour la gestion globale de leur environnement



5. Etablir un programme de surveillance mettant en place des séries chronologiques d'analyses de l'eau, du sédiment, de la flore et de la faune.
6. Quantifier en plus de la température, l'O₂ dissous, pH et salinité il faut analyser les Matières en suspension, il faut savoir que les matières en suspension sont des éléments minéraux fins qui, comme leur nom l'indique, ne se déposent pas sur le fond pour leur légèreté. Ils constituent des pièges à substances toxiques au même titre que les sédiments, la DBO5 et la DCO.
5. Enfin, pour mieux prendre en compte la multiplicité des mécanismes intervenant dans l'eutrophisation des milieux aquatiques et leurs interactions souvent non linéaires, le modèle mathématique semble la voie actuellement la plus prometteuse. Il permet d'assimiler tout processus dont on connaît une formulation au moins empirique, de traiter

les cas particulier et de simuler une quasi-infinité de scénarios possibles pour lutter contre l'eutrophisation. Le couplage d'un modèle hydrodynamique donnant la circulation résiduelle de la zone étudiée avec un modèle biologique contenant les processus physiologiques pertinents permet une excellente appréciation de la dynamique et de l'étendue d'une pollution.

Ceci étant, il faudra toujours se rappeler qu'en 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 cuivre.

5. Références bibliographiques

5. Références bibliographiques:

JORA n° 46 « Journal officiel de la république Algérienne ».

[1] GRUVEL A., 1926. «Les pêches maritimes en Algérie». *Société d'Ed. Challarnel*.162 P.

[2] VAISSIERE. R. , FREDJ ; 1 963. « Contribution à l'étude de la faune benthique du plancton continental de l'Algérie ». Bull, Inst, Oceanogr, Monaco, Vol. 60, n° : 1272, 83 p, 5 cartes.

[3] AUBERT M., 1994. « La Méditerranée; la mer et les hommes ». Rev. Int. Océanogr. Med. Tmes 109-112: 488 p.

[4] RODIER. J., 1996. « l'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8^{ème} édition Paria Dunod.

Exécutif n°93-160 du 10 JUIL 1993. « Règlementant les rejets d'effluents liquides industriels ».

Exécutif n°93-164 du 10 juillet 1993. Norme de la qualité requise des eaux des baignade

[5] CORMIER M., MARTIN Y., 1991. « Rejets urbains et salubrité du littoral ; synthèse. In : « La mer et les rejets urbains». Ifremer Ed., Brest : 149-151.

[6] GUYADER F., POMMEPUY M., CORMIER M., 1990. « Implantation d'E-coli expérimental en influence des compétitions de flore. Can J. Microbiol, Vol. 36.

[7] THOMAS O.; (1 995). « Métrologie des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC. 192p.

[8] POGGI R., 1991. « Impact sanitaire des contaminations microbiologiques. In : «La mer et les rejets urbains». Ifremer Ed., Brest : 115-131.

[9] [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, 13p.

[10] PATRUNO R., 2001. « Prévention et lutte contre la pollution marine ». REMPEC, Toulon, 6 juin 2001. 10 p.

[11] GUILLEMAUT-DRAI., 1991. « Pollution chimiques et conséquences sanitaires ». Rev. Int. Oceanogr. Med. Tomes 101-104.

Exécutif n°94-279 du 17 sep 1994. « Portant organisation de la lutte contre la pollution marine et institution du plan d'urgence ».

[12] LEVISQUE. L., 1978. « Les micropolluants minéraux dans les eaux superficielles continentales ». Rapport N°1 et N° 4. AFEE, Paris.

[13] 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 ».

[14] EVANGELLOU W., 1999; *Environnement soi land water chemistry*.

[15] UNEP/OMS.,1991. « Biogeochemical cycles of specefic pollutant MAP Technical Reports Series, UNEP n° 55, 95 p ».

[16] RODIER J., 1984. « L'analyse de l'eau : eaux naturels, eaux résiduaires et Eaux de mer. 7eme édition. Paris. 1365 pages.

[17] RODIER. J., 1978. « l'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 6^{ème} édition Paria ISBN.

[18] Bourgeois C.M.; 1980. « Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaire ». Edition. Technique et Documentation, Paris. Vol. 3. Pp 90-224

[19] **CCE, 1988.** « Législation communautaire dans le domaine de l'environnement: 1967-1987. Vol. 3, produits chimiques et déchets ». Commission des Communautés européennes, Direction générale Environnement, Protection des consommateurs et sécurité nucléaire. Bruxelles, 125p.

[20] **ROUSSELET F. 1983.** « Spectrophotométrie infrarouge appliquée a la biologie».

[21] **CHARLOT G. 1983.** « Dosage Absorbtiometrique des éléments minéraux ».

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

[23] **DONZE M., 1990.** « Aquatic pollution and dredging in the European Community ». Delwel Publishers, La Haye.

[24] **DAVIS J.D., MACKNIGHT S., 1990.** « IMO Staff, Environmental considerations for Port and Harbor developpements ». World Bank Technical Paper. 126p.

[25] **RECOMMANDATIONS ALGERIENNES** (Recommandations des services de l'environnement concernant les immersion des déblais de dragage provenant des enceintes portuaires – 9novembre 1991 – Ministère Délégué à la Recherche, à la Technologie et à l'Environnement.

[26] **AGENCE DU BASSIN DU RHONE, (1990).** « La Pollution du Rhône ». *greenpeace, projet mer méditerranée (Aout 1990).*

[27] **JOANNY M., CHAUSSEPIED M. ET CORRE F. 1983.** « Présentation des résultats des océans ». Centre océanologique de Bretagne (CNEXO/COB),49

[28] **OUNISSI M., FREHI H., 1999.** « Variabilité du microphytoplancton et des *Tintinidea* (Protozoaires ciliés) d'un secteur eutrophe du golf d'Annaba (Méditerranée Sud-occidentale) » Cah. Biol. Mar. 40: 141-153.

[29] GHARSALLAH. 2002. « Evaluation de la pollution du littoral d'Annaba : qualité microbiologique de l'eau et teneur en métaux lourds du sédiment superficiel ». Thèse de Magister. Université de Annaba, 82 p.

[30] BOUDJEBER D. 2002. « Etude de la Qualité Bactériologique des Eaux du Littoral d'Annaba ». Mémoire d'ingénieur. Université de Annaba.

[31] GUEDDAH D. 2003. « Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda : impact sur l'écosystème marin côtier » Thèse de Magister. Université de Annaba.

[32] 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

[33] L.E.M. (Laboratoire d'Etude Maritime). 1998. « Etude d'impacte sur l'environnement du dragage de l'ancien port de Skikda ». Entreprise Portuaire de Skikda. 36p.

[34] BOUDJELLAL B. 1995. « Etat de la pollution marine par les métaux lourds dans les sédiments superficiels du port d'Alger ». ISMAL. Laboratoire de Pollution et Chimie Marines.

[35] 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 ».

Annexes

Annexe 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 10ml chacun	3 tubes de 1 ml chacun	3 tubes de 0,1mlchacun		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		

Annexe 2:

Représentation des sites et paramètres d'échantillonnage

Zone	Site	N°	P. Physico- chimiques	A Bactériologiques	Hydrocarbures totaux	Métaux lourds
Zone 01	S. Salem	S1	+	+		
	O. Seybouse	S2	+	+	+	+
	Asmidal	S3	+	+	+	+
Zone 02	Port commercial	S4	+	+	+	+
		S5	+	+		
	Port de pêche	S6	+	+		
		S7	+	+	+	+
Zone 03	Rézgui Rachid	S8	+	+	+	
		S9	+	+		
	Rizi Amor	S10	+	+		+
		S11	+	+	+	
	La caroube	S12	+	+		
		S13	+	+		
Zone 04	Réfès zahouen	S14	+	+		
		S15	+	+	+	+
	Belvédère	S16	+	+		
		S17	+	+		
Zone 05	P. militaire	S18	+	+		
	Ain- Achire	S19	+	+		
		S20	+	+	+	+
Totale			20	19	08	07

Annexe 3:

Paramètres retenus pour l'analyse de la qualité des eaux et des sédiments du golfe d'Annaba

Paramètres	Paramètres Physicochimiques	Analyses Bactériologiques	Hydrocarbures	Métaux lourds
	Température	Coliformes totaux	Hydrocarbures totaux	cinesrA
	pH			mumidaC
		Salinité		Coliformes féaux
	Oxygène dissous			Streptocoques fécaux
		reF		
		erucréM		
		esènagnaM		
				lekciN
		bmolP		
		cniZ		
Totale	04	03	01	10

Annexe 8:

**Mesure de la Température du port de pêche et le port commercial de décembre
2004 à mai 2005.**

Paramètre	Site	N°	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Moy
T (°C)	P.	S4	12.25	12.44	15.19	16.8	17.65	19.65	15.66
	commercial	S5	12.3	12.46	14.95	17.10	17.45	19.45	15.61
	P. de	S6	12.0	12.35	15.00	16.46	17.35	19.55	15.45
	pêche	S7	12.3	12.45	15.24	16.5	17.49	19.55	15.57
Moy. P. C			12.1	12.45	15.07	16.95	17.55	19.55	15.64
Moy. P. p			12.15	12.4	15.12	16.48	17.42	19.55	15.51
T° Min			12.0	12.35	14.95	16.5	17.35	19.45	-
T° Max			12.3	12.46	15.24	17.10	17.65	19.65	-
VMA			30 (°C)						15.57

Annexe 9 :

Mesure de la Salinité du port de pêche et le port commercial de décembre 2004 à mai 2005.

Paramètre	Site	N°	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Moy
S (‰)	P. commercial	S4	35.10	35.20	36.02	35.75	36.55	36.35	35.82
		S5	35.35	35.50	35.80	35.81	36.45	36.25	35.86
	P. de pêche	S6	35.13	35.15	35.45	35.8	36.4	36.15	35.68
		S7	35.13	35.15	35.45	35.8	36.2	36.15	36.64
Moy. P. C			35.22	35.35	35.91	35.78	36.50	36.30	35.84
Moy. P. p			35.13	35.15	35.45	35.8	36.30	36.15	35.66
S‰ Min			35.10	35.15	35.45	35.75	36.2	36.15	-
S‰ Max			35.35	35.50	35.80	35.81	36.55	36.35	
VMA			35 (‰)						35.75

Annexe. 15:

Distribution des valeurs de l'indice de Bourgeois des plages selon les stations.

Site	N°	Période printanière	Période estivale	Période automnal	Période hivernale
S.Salem	S1	0.14	0.16	0.92	0.08
O.Seybouse	S2	0.55	1.43	1.17	0.25
ladimsA	S3	0.15	0.46	0.87	0.21
Rezgui	S8	0.06	0.01	0.14	0.08
Rachid	S9	0.25	0.01	0.15	0.08
Rizi	S10	0.12	0.02	0.09	0.08
Amor	S11	0.22	0.04	0.02	0.06
La	S12	0.18	0.19	0.17	0.22
caroube	S13	0.53	0.29	0.14	0.05
Réfès	S14	0.07	0.02	0.12	0.06
zahouen	S15	0.05	0.01	0.12	0.2
Belvédère	S16	0.15	0.05	0.06	0.2
	S17	0.03	0.006	0.06	0
P militaire	S18	0.16	0.008	0	0
Ain	S19	0	0.01	0	0
Achire	S20	0	0.005	0	0
IB		1			

Tableau. 17 :

Variation des Coliformes fécaux dans l'eau de mer des ports (2005).

Paramètre	Site	N°	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Moy
Cf	P. commercial	S4	0	0	0	0	7	21	-----
		S5	9	3	7	9	21	240	-----
	P. de pêche	S6	3	7	3	7	93	460	-----
		S7	3	3	4	11	460	460	-----
Moy. P. C			4.5	1.5	3.5	4.5	14	130.5	-----
Moy. P. p			3	5	35	9	276.5	460	-----
Moy			3.75	3.25	19.25	6.75	145.25	295.25	78.91
Valeur guide			100						
Valeur limite			2000						

Tableau. 18 :**Variation des Streptocoques fécaux dans l'eau de mer des ports (2005).**

Paramètre	Site	N°	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Moy
Sf	P. commercial	S4	3	3	11	15	43	120	-----
		S5	11	28	64	120	460	1100	-----
	P. de pêche	S6	7	11	75	93	1100	>2400	-----
		S7	11	15	29	120	1100	>2400	-----
Moy. P. C			7	15.3	37.5	67,5	251,5	610	-----
Moy. P. p			9	13	52	106.5	1100	>2400	-----
Moy			8	14,25	44,75	87	675,75	1505	389.12
Valeur guide			100						

Annexe. 19:**Distribution des valeurs de l'indice de Bourgeois des ports selon les stations.**

Site	N°	Période hivernale	Période printanière
Port commercial	S4	0	0.16
	S5	0.18	0.16
Port de pêche	S6	0.14	0.15
	S7	0.18	0.26
IB		1	

Annexe. 20 :

Evaluation spatio-temporelle des hydrocarbures dans l'eau de mer au niveau des sites de prélèvement (2005).

Sites		Hydrocarbures Totaux (mg/l)						
Nomenclature	N°	27/01/05	28/02/05	22/03/05	27/04/05	22/05/05	14/06/05	Moy
Oued Seybouse	S2	1.16	1.13	0.20	1.33	1.74	1.60	1.33
Asmidal	S3	1.21	2.08	1.32	1.09	0.33	0.87	1.15
P Commerciale	S4	4.45	8.65	34.23	20.9	40.18	64.57	28.83
P de Pêche	S7	8.48	8.98	28.03	17.48	51.48	42.79	26.20
Rezgui Rachid	S8	0.83	0.80	1.52	2.87	9.74	4.36	3.35
Rizi amor	S11	1.33	0.78	3.61	2.01	5.14	2.53	2.56
Réès Zahouen	S15	0.42	0.60	0.86	1.32	1.08	1.79	1.01
Ain-Achir	S20	0.28	0.20	0.78	0.52	0.84	0.62	0.54
Valeur Limite		20 mg/l						

Annexe. 21:

Evaluation des métaux lourds dans le sédiment au niveau des sites de prélèvement (2005).

Site	Métaux lourds (mg/kg)									
	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
S2	Trace	0.7	60.26	80.36	45950	<0.01	48	22.5	115	295
S3	0	0.5	20.84	30.78	23750	Trace	175	14	80	130
S4	Trace	1.5	125	470	21875	<0.04	480	45	165	350
S7	Trace	1	245	314	17450	<0.02	260	50	175	247
S10	0	Trace	4	46.5	13200	Trace	64.20	0.5	45.05	70.4
S15	0	0	Trace	18.21	9750	0	21	0	0	31.2
S20	0	0	Trace	22.93	1860	0	3	0	0	0
Limite A	-	0.8	36	100	-	0.3	-	-	85	140
Limite B	-	7.5	90	480	-	1.6	-	-	530	1000
Limite C	-	30	400	1000	-	15	-	-	1000	2500
Algérienne	-	3	150	250	5000	1.5	500	75	250	500

	Métaux lourds (mg/kg)									
Site	As	Cd	Cu	Cr	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
S2	Trace	1.16	2.31	1.78	22.97	0.05	0.12	0.5	5.22	3.3
S3	0	0.83	0.80	0.68	11.87	Trace	0.43	0.31	3.63	1.47
S4	Trace	2.50	4.80	10.44	10.93	0.2	1.2	1	7.50	3.97
S7	Trace	1.66	9.42	6.97	8.72	0.1	0.65	1.11	7.95	2.80
S10	0	0	0.15	1.03	6.64	Trace	0.16	0.01	2.04	0.80
S15	0	0	0	0.40	4.87	0	0.05	0	0	0.35
S20	0	0	0	0.50	0.93	0	0.007	0	0	0
V.N	Ic < 3									
V.P	3<In<10									
V.R	10 < Ic									

Annexe 23:

Concentrations en métaux lourds dans quelques peintures anti-fouling.

(Augier *et al.*, 1988).

Peintures	Concentration en métaux lourds			
	Cd (ppm)	Cu	Hg (ppm)	Pb (ppm)
International Micron 25	0.87	63 g/kg	0.06	39.2
International TBT	0.2	62 ppm	0.04	1
International inter B6	4.8	365 g/kg	87	405
International Leader	1.75	340 g/kg	0.03	170
International Louper paient	5.1	125 g/kg	0.11	315
Renaudin KF 73	49.6	17 ppm	0.03	44.6
Valentine VF 66	70	8 ppm	0.03	260
Valentine VF 2000	54	303 g/kg	0.03	30.1
Weidox Ral 3002	776	18.2 ppm	0.03	2422