

N° d'ordre: 02/2010-M/S.N

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie
«Houari Boumediene»
Faculté des sciences biologiques



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER

En: SCIENCE DE LA NATURE

Spécialité: Océanographie biologique et environnement marin

Par: BELKACEM Yasmina

Sujet

**Intégration des mesures in situ et des données satellitaires dans
un système d'information géographique pour caractériser les
eaux côtières**

Soutenu publiquement le 19 /10/ 2010, devant le jury composé de:

Mme.REBZANI- ZEHAFF. C
Mr. BACHARI N.E.I
Mr. BOULAHDID. M
Mr. HARCHOUCHE .K
Mme. BENMALEK.Y
Melle.TAZEROUTI. F

Maître de conférences, USTHB
Professeur, USTHB
Professeur, ENSSMAL
Maître de conférences, USTHB
Maître de conférences, USTHB
Maître de conférences, USTHB

Présidente
Directeur de thèse
Examineur
Examineur
Examinatrice
Examinatrice

Année universitaire 2009/2010

Résumé:

Dans ce travail nous essayons de combiner entre les paramètres physico-chimiques, bactériologiques et données satellitaires pour les eaux côtières de différentes qualités.

Pour réaliser ce travail nous avons adopté la méthodologie suivante :

- 1- En se basant sur une base de données bactériologique (2006-2008) des plages de la côte algéroise. Une étude statistique nous a permis le choix d'une vingtaine de plages à fort contraste.
- 2- En second lieu les plages choisies ont fait l'objet d'un échantillonnage. Les échantillons sont analysés au laboratoire par différentes techniques : Bactériologique, physico-chimique et spectral

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que :

Les eaux marines du littoral algérois sont caractérisés d'une manière globale par une salinité de 35.472 PSU ,cette salinité correspond à une conductivité moyenne de 53.55 Ms/Cm ,par un potentiel d'hydrogène de 8.4685, ce qui traduit une forte alcalinité, nous pouvons dire que l'eau de mer du littoral algérois est un milieu légèrement basique ce qui correspond à un milieu riche en bactéries , du fait de la présence en abondance de matière organique dissoutes ; cela est confirmé par les résultats microbiologiques obtenus.

Les résultats d'analyse spectrale révèlent que les MES ont un effet important sur la couleur et l'absorbance de l'eau de mer. On observe une absorption importante pour les eaux côtières du littoral algérois riches en suspensions d'origines organiques. Pour l'eau filtrée (claire) l'absorbance est minimum pour la couleur bleue, alors que pour l'eau trouble, et chargé en matière en suspension elle est minimum pour les couleurs verte et jaune.

Le satellite SPOT permet une observation en vert, jaune et rouge. Nous avons localisé les échantillons prélevés sur les images en utilisant la géolocalisation par MAPINFO. Dans la baie d'Alger qui présente une hétérogénéité importante de la matière en suspension nous avons tracé quatre radiales. Pour chaque radiale nous avons prélevés les comptes numériques, la bathymétrie et la distance par rapport à la côte.

L'analyse des graphes nous a montré que les stations à forte MES présente des fortes radiométrie et ont tendance à avoir la couleur vers le rouge par contre les stations à faible radiométrie ont tendance d'avoir la couleur bleu. L'analyse multispectrale est un outil de base pour une information quantitative qui nécessite une étude qualitative.

Mots-clés : paramètres physico-chimiques, analyse bactériologique, Matière en suspension, couleur, bathymétrie, images satellites

Remerciements

Tout d'abord je remercie Dieu Allah de m'avoir donné santé patience et courage pour entreprendre et terminer cette modeste contribution dans le cadre de ce mémoire de magister en océanologie.

Mes remerciements vont également à mon promoteur M^{eur} BACHARI N.E.I. qui par son expérience par ses conseils et son dévouement m'a aidé d'une manière efficace à l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier :

Madame REBZANI-ZEHAF C, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mon mémoire;

Le professeur BOULAHDID M, Monsieur k.HARRCHOUCHE, madame TAZEROUTI F et madame BENMALEK Y, pour avoir accepté de juger ce manuscrit et de participer à ce jury.

Un merci particulier à monsieur ABDESLAMINE et sa femme chef de service au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de TIPAZA, pour son entière disponibilité et sympathie.

Ce travail n'aurait jamais été réalisé sans l'encouragement, le soutien et l'aide de mes parents tout le long de mes études.

Enfin je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

**LISTES
DES FIGURES
DES TABLEAUX**

Liste des figures

Figure 1. Situation géographique de la côte algéroise (APPL ,2009).....	3
Figure 2. Zone industrielle de la baie d'Alger. Principaux rejets d'eaux usées. (Houma-Bachari F, 2007).....	6
Figure 3. Réseau hydrographique de la cote algéroise.....	8
Figure 4. Résumé d'un SIG (Gillot, 2000, in IAAT., 2003).....	10
Figure 5. Les composantes de la base de données du SIG.....	11
Figure 6. Schéma général d'une mesure en télédétection passive.....	12
Figure 7. Spectres de réflectance des surfaces Marines	15
Figure 8. Evolution du spectre de la lumière naturelle dans l'atmosphère et dans l'eau (dans le cas d'une eau très claire). (Olivier L ,2002).....	18
Figure 9. Évolution du coefficient d'atténuation en fonction de la longueur et énergie relative (100% à la surface) pour une eau claire et une eau trouble riche en matières organiques. (Olivier L ,2002).....	19
Figure 10. Graphique du spectre de la lumière solaire dans l'eau (Olivier L ,2002)... ..	20
Figure 11. Couleur de la mer (Olivier L ,2002).....	20
Figure 12. Flux lumineux rétrodiffusé par les eaux (Olivier L ,2002).....	21
Figure 13. Origine de la pollution (Leroy ,1999).....	24
Figure 14. Localisation des stations de prélèvements.....	26
Figure 15. Valise multi- paramètres.....	30
Figure 16. Matériels de filtration.....	32
Figure 17. Spectrophotomètre D'absorption moléculaire (Jenway 6035 UV .VIS)	32
Figure 18. Principe de l'analyse.....	34
Figure 19. Schéma d'application.....	35
Figure 20. Etapes suivies pour le calage... ..	37
Figure 21. Présentation du logiciel.....	38
Figure 22. Représentation des points choisis.....	40
Figure 23. Carte bathymétrique avec les différentes radiales.....	41

Figure 24 . Variation des concentrations moyennes des coliformes totaux CT en fonction des stations.....	45
Figure 25. Répartition spatiale des coliformes totaux dans la zone d'étude.....	45
Figure26 . Variation des concentrations moyennes des coliformes fécaux CF en fonction des stations.....	46
Figure27. Répartition spatiale des coliformes fécaux dans la zone d'étude.....	46
Figure 28. Variation des concentrations moyennes des streptocoques fécaux SF en fonction des stations.....	47
Figure 29. Répartition spatiale des streptocoques fécaux dans la zone d'étude.....	47
Figure 30. Superposition des trois variables (CT, CF et SF).....	47
Figure 31. Origine de la pollution bactérienne des plages étudiées.....	49
Figure 32. Rejet directe des déchets solides (Bateau cassé).....	52
Figure 33. Rejet directe des déchets solides a la station 2 (Verte rive).....	52
Figure 34. Déversement des eaux usées dans la station 10 (Bainem).....	52
Figure 35. Embouchure d'oued El Harrach.....	52
Figure 36. Déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune d'El kasbah, dans la station 14 (Kaa Essour).....	53
Figure 37. Déchets solides (Kaa Essour).....	53
Figure 38. Déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune de Hamamates dans la station 9 (la fayette).....	53
Figure 39. déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune de bab el oued, dans la station 5 (Kitani).....	53
Figure 40. Déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune bouloughine dans la station 6 (deux chameaux).....	54
Figure 41. Représentation de l'évolution spatiale durant l'année 2006.....	56
Figure 42. Représentation de l'évolution spatiale durant l'année 2007.....	56
Figure 43. Représentation graphique de l'évolution annuelle.....	57
Figure 44. Variation des valeurs moyennes de la salinité en fonction des stations.....	59
Figure 45. Variation spatiale de la salinité dans le littoral algérois.....	59
Figure 46. Variation des valeurs moyennes de la conductivité en fonction des stations.....	60
Figure 47. Variation spatiale de la conductivité dans le littoral algérois.....	60
Figure 48. Variation des valeurs moyennes du pH en fonction des stations.....	61
Figure 49. Variation spatiale du pH dans le littoral algérois.....	61

Figure 50. Variation des valeurs moyennes de MES en fonction des stations.....	62
Figure 51. Variation spatiale de MES dans le littoral algérois.....	62
Figure 52. Variation des valeurs moyennes de TU en fonction des stations.....	63
Figure 53. Variation spatiale de TU dans le littoral algérois.....	63
Figure 54. Variation spatiale de la température dans le littoral algérois (Mai 2004).....	65
Figure 55. Variation spatiale du Ph dans le littoral algérois... ..	65
Figure 56. Variation spatiale de l'oxygène dissous dans le littoral algérois.....	66
Figure 57. Variation spatiale de la salinité dans le littoral algérois.....	66
Figure 58. Variation de la densité optique en fonction des longueurs d'onde.....	69
Figure 59. Variation de DO max avant filtration.....	69
Figure 60. Variation de DO max après filtration.....	70
Figure 61. Photo traitée avec filtres (plage polluée).....	71
Figure 62. Photo traitée avec filtres (plage non polluée) à 15 CM de profondeur.....	71
Figure 63. photo traitée avec filtres (plage non polluée) à 80 CM de profondeur.....	72
Figure 64. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 13).....	74
Figure 65. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 14).....	74
Figure 66. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 5).....	74
Figure 67. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 4).....	74
Figure 68. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 1).....	75
Figure 69. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 20).....	75
Figure 70. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 15).....	75
Figure 71. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 19).....	75
Figure 72. Variation du compte numérique en fonction de la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 13.....	77
Figure 73. Variation du compte numérique en fonction de la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 14.....	77

Figure 74. Variation du compte numérique en fonction du la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 4.....	77
Figure 75. Variation du compte numérique en fonction du la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 1.....	78
Figure 76. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 13.....	78
Figure 77. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 14.....	78
Figure 78. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 4.....	79
Figure 79. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 4.....	79
Figure 80 . Projections des paramètres sur les plans factoriels.....	83
Figure 81 . projections des stations sur les plans factoriels.....	83

Liste des tableaux

Tableau 1. Les rejets d’eaux usées dans la wilaya d’Alger (MATE, 2002).....	4
Tableau 2. Répartition des unités industrielles littorales par wilaya (MATE, 2002).....	4
Tableau 3. Etat des grands générateurs de déchets industriels spéciaux de la wilaya d’Alger. (MATE, 2002).....	5
Tableau 4. couleur de l’eau en fonction des particules présentes.....	14
Tableau 5. Couleur des différentes mers (Olivier L ,2002).....	21
Tableau 6. Les caractéristiques et la localisation des stations de prélèvements (APPL, 2009).....	27
Tableau 7. Caractéristiques des instruments (SAAD, 2009).....	39
Tableau 8. Calcul de la statistique du test dans l’analyse de variance.....	44
Tableau 9. Origine de la pollution.....	49

Tableau 10. Classification de la qualité bactériologique des eaux analysées selon les normes AFNORE.....	51
Tableau 11. Tableau statistique des différents paramètres physico-chimiques.....	64
Tableau12. Résultats des statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques (Mai 2004 et Mai 2009).....	67
Tableau 13 : l’effet des filtres à différentes profondeurs.....	73
Tableau 14. La matrice de corrélation des variables et les statistiques associées.....	80
Tableau 15. Résultat des valeurs propres.....	81
Tableau 16. Contribution des variables aux trois premiers axes factorielles.....	82
Tableau 17. Contribution des observations à la formation des axes factoriels.....	82

Sommaire

Sommaire

Remerciements

Résumer

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale1

CHAPITRE 1 : Généralités

1. ZONE D'ETUDE3

1.1. Présentation du site d'étude.....3

1.2. Source de la pollution.....3

1.3. Conditions climatiques..... 6

1.3.1. Précipitations et températures.....6

1.3.2. Les vents.....6

1.4. Les conditions hydrodynamiques.....6

1.4. 1 : Les houles7

1.4. 1.1. Les houles à la côte.....7

1.4. 1.2 Les houles du large.....7

1.4.2 Les courants.....7

1.4.2.1 Les courants généraux7

1.4.2.2 Les courants côtiers.....8

2. système d'information géographique.....9

2.1. Définition et finalité.....9

2.2. Classification des Système d'Information Géographique9

2.3. Composantes d'un Système d'Information Géographique.....	10
2.3.1. Matériels.....	10
2.3.2. Logiciels.....	10
2.3.3. Données et base de données.....	10
2.3.4. Méthodes.....	11
2.4. Acquisition des données.....	11
2.5. Choix du logiciel.....	11
2.6. Entrée des données.....	11
2.7. Structuration du SIG.....	11
3. Télédétection.....	11
3.1. Schéma général d'une mesure en télédétection	11
3.1.1 La source	11
3.1.2. Le Capteur	11
3.1.3. La scène observée.....	12
3.2. La mer vue de l'espace.....	12
3.3. Télédétection et couleur de l'eau.....	13
3.4. Influence du fond sur la réflectance de la mer.....	14
4. Caractéristiques des eaux marines.....	15
4.1. Caractères physico-chimiques de l'eau de mer.....	15
4.2. Caractères microbiologiques de l'eau de mer.....	17
4.3. Caractères optiques de l'eau de mer.....	17
4.3. 1. l'absorption.....	18
4.3.2 La diffusion	18
4.4. Les couleurs de la mer	19
5. Pollution des milieux marins littoraux.....	22

5.1. Définition de la pollution.....	22
5.3.Source de la pollution.....	24

CHAPTRE 2: Matériels et méthodes

1.Echantillonnage et localisation des stations.....	26
1.1. Caractéristiques et localisation des stations.....	26
1.2.Echantillonnage.....	27
1.3. Les analyses	28
1.3.1. Analyses bactériologiques	28
1.3.1.1. Mode opératoire.....	29
1.3.1.1. 1.Méthode de recherche et dénombrement des Coliformes.....	29
1.3.1.1.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....	29
1. 3.2. Mesure des paramètres physico-chimiques	30
1.3.2.1. Turbidité (NTU)	30
1.3.2.1.1. Calibration du turbidimètre.....	30
1.3.2.2. Matière en suspension (MES)	31
1.3.3. La spectrophotométrie d'absorption moléculaire	32
1.3.3.1. Principe de la méthode d'analyse	32
1.3.3.2. Principe de l'analyse	33
1.4. La prise des photos.....	34
1.5.Etude rétrospective.....	35
1.4.1. Matériels.....	35
1.4.2 Applications.....	35
1.4.3 Conditions d'applications.....	35
2. Méthodes de traitement.....	36
2.1. Système d'information géographique	36

2.1.1.Démarches suivies.....	36
2.1.1.1. Saisie des données	37
2.1.1.2. Le calage.....	37
2.1.2. Les requêtes	38
2.2.Télédétection.....	38
2.2.1. Matériel informatiques et images satellitaires	38
2.2.1.1. Système optique du satellite SPOT.....	38
2.2.1.2. Le satellite SPOT5	39
2.2.2. Suivi radiométrie des objets sur l'image SPOT.....	40
2.2.3. Analyse de la variation du compte numérique avec la profondeur et la distance par rapport à la cote.....	41
2.3.Analyse statistique.....	41
2.3.1. Analyse exploratoire des données... ..	41
2.3.1. 1.Analyse descriptive uni variée... ..	42
2.3.2. Analyse descriptive bivariée.....	42
2.3.3. Analyse descriptive multi variée..... .	42
2.3.4. Statistiques inférentielles.....	43
2.3.4.1. Test de Student.....	43
2.3.4.2. Analyse de variance	43
 CHAPITRE 3 : Résultats & Discussion	
1.Etude bactériologique.....	45
1.1.Estimation des germes tests.....	45
1.1.1Coliformes totaux (CT).....	45
1.1.2.Coliformes fécaux (CF).....	45
1.1.3.Streptocoques fécaux.....	46
1.2. Origine de la pollution bactérienne des plages étudiées.....	46

1.3. Comparaison avec les normes.....	49
1.4. Etude rétrospective	54
1.4.1. Fiabilité des données analytiques.....	54
1.4.2. Comparaison de la qualité bactériologique des eaux de mer entre les secteurs Est, Centre et Ouest.....	55
1.4.3. Illustration des résultats par graphiques.....	55
1.4.3. Comparaison temporelle de la qualité bactériologique des eaux de mer entre 2006 et 2007....	57
2.Paramètres physico-chimiques.....	59
2.1.Evaluation des paramètres physico-chimiques	59
2.1.1. Variation de la salinité.....	59
2.1.2. Variation de la conductivité.....	60
2.1.3. Variation du pH (potentiel d'hydrogène)	60
2.1.4. Variation de la matière en suspension.....	61
2.1.5. Variation de la turbidité.....	61
2.2. Analyse statistique.....	62
2.3.-Les résultats du traitement sous SIG (MAI 2004).....	63
2.3.1. Variation spatiale de la température.....	63
2.3.2. Variation spatiale du PH.....	64
2.3.3. Variation spatiale de l'oxygène dissous.....	64
2.3.4. Variation spatiale de la salinité.....	65
2.4. Variation temporelle des paramètres physico-chimiques.....	65
3. Etude spectrale et télédétection.....	69
3.1. Interprétation des résultats expérimentaux.....	69
3.2. Interprétation des photos.....	70
4. Interprétation des données satellitaires.....	74

4.1. Variation du compte numérique dans les différentes stations.....	74
4.2. Analyse de la variation du compte numérique avec la profondeur et la distance par rapport à la cote.....	77
5. Etude multi variée.....	80
5.1. Analyse en composantes principales.....	80
Conclusion générale.....	84

Bibliographie

Annexes

INTRODUCTION GENERALE

Les mers et les océans, longtemps considérée comme un milieu purificateur ayant une capacité illimitée à « absorber » tous les rejets côtiers se sont avérés inefficaces devant l'importance des déchets déversés par l'homme et qui sont pour la plupart non biodégradable.

Les 1200 km de la côte algérienne sont exposés aux diverses types de rejets d'origine urbaine ou industrielle. Le littoral algérois (la Baie d'Alger) reste le site le plus touché par cette pollution en raison de sa forte densité urbaine et des activités industrielles concentrées à la capitale Alger et sa périphérie (PAC, 2006). Analyser et suivre l'état de la côte est une nécessité économique environnemental qui rentre dans les nouvelles orientations socio-économique de la politique Algérienne afin de réaliser une exploitation rationnelle de nos ressources côtières.

Dans ce contexte, les différentes institutions concernées par le problème de la pollution collectent et stockent de grandes quantités de données. Des travaux de recherche ont été réalisés sous différents thèmes notamment, l'eutrophisation, contaminant chimique, milieu physique et milieu biologique pour le suivi de la qualité des eaux dans la baie d'Alger, parmi eux: Bakalem, (1979), Samson-Kechacha, (1981), Bakalem et Romano, (1982), Aouameur, (1990), Eddalia, (1990), Sellali, (1996) Rebzani-Zahaf (1990, 2003) et Soualili, (2008).

Etudier le milieu côtier est toujours délicat car les moyens traditionnels de mesures ne sont pas adaptés aux zones d'eau peu profondes présentant de fortes variabilités dans leurs faciès, cependant, l'avènement de nouvelles générations d'instruments de détection, appelés satellites, promet d'apporter aux scientifiques une grande capacité de faire des observations détaillées sur la surface de la terre.

L'objectif général de ce travail, est l'intégration des mesures in situ et des données satellitaires dans un système d'information géographique pour caractériser les eaux côtières.

Ce travail constitue une continuité à une série de travaux de recherche qui fait référence à l'utilisation de la géomatique en science de la mer, on note parmi ces travaux; Houma et al, 2004, Houma-Bachari, 2005, Bachari et Houma, 2006.

Le but de ce travail est de :

- faire un constat sur le degré de la pollution microbienne des eaux du littoral algérois, d'une part, à travers des analyses d'eaux de mer prélevées au niveau de certaines plages, et d'autre part en procédant à une étude rétrospective.
- déterminer les propriétés physico-chimiques et spectrales de ces stations.
- élaboration d'un système d'information spécifique à la pollution.
- combiner entre les données in situ et images satellites.

Ce présent travail est composé de trois chapitres:

- Le premier chapitre est consacré aux généralités, avec une description générale de la zone d'étude, des paramètres indicateurs de pollution, paramètres physico-chimique, microbiologique et optiques, la définition de la pollution marine et à l'impact des différents types de polluants sur le milieu marin. Il présente également, un bref aperçu sur le système d'information géographique et la télédétection.

- Le deuxième chapitre décrit la stratégie expérimentale, les divers prélèvements, les échantillonnages et les techniques d'analyses exploitées.
- Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus, leur analyse, et leur discussion
- Enfin, ce travail est clôturé par une conclusion générale reprenant les observations les plus importantes et les recommandations pour la surveillance continue de la qualité des eaux.

Chapitre1 : Généralités

Le premier chapitre sera consacré aux généralités, il est composée de:

Une description du sites étudié avec collecte de données diverses sur la géographie, le climat, l'hydrologie du littoral algérois.

Des généralités sur les caractéristiques de l'eau marine (physico-chimique, bactériologiques et optique), la définition de la pollution marine et l'impact des différents types de polluants sur le milieu marin.

Une brève aperçue sur le système d'information géographique el la télédétection

1. Zone d'étude

1.1. Présentation du site d'étude :

La zone considérée correspond au littoral de la Wilaya d'Alger qui s'étend géographiquement de Oued Mazafran à l'Ouest, à Oued Réghaïa à l'Est, formant un linéaire côtier d'environ 84 Km limitée au Nord par la mer Méditerranée avec une longitude Est 03°.14'.50 à 03°.00'.40 et une latitude Nord 36°.49'.35 à 36°.49'.50. (Fig. 1). Elle correspond à la grande Alger. Du point de vue administratif, elle comprend 19 communes à façade maritime faisant partie de cinq circonscriptions administratives, sur une superficie totale de l'ordre de 237 km² (APPL, 2009).

La frange côtière algéroise offre des particularités tant morphologiques que climatiques qui lui confèrent un aspect propice au tourisme, en particulier pour l'estivation. C'est un paysage littoral harmonieux alternant criques et grandes plages de sable aux reflets variés. Sur les 84 km de linéaire côtier et 81 plages recensées (APPL, 2009).

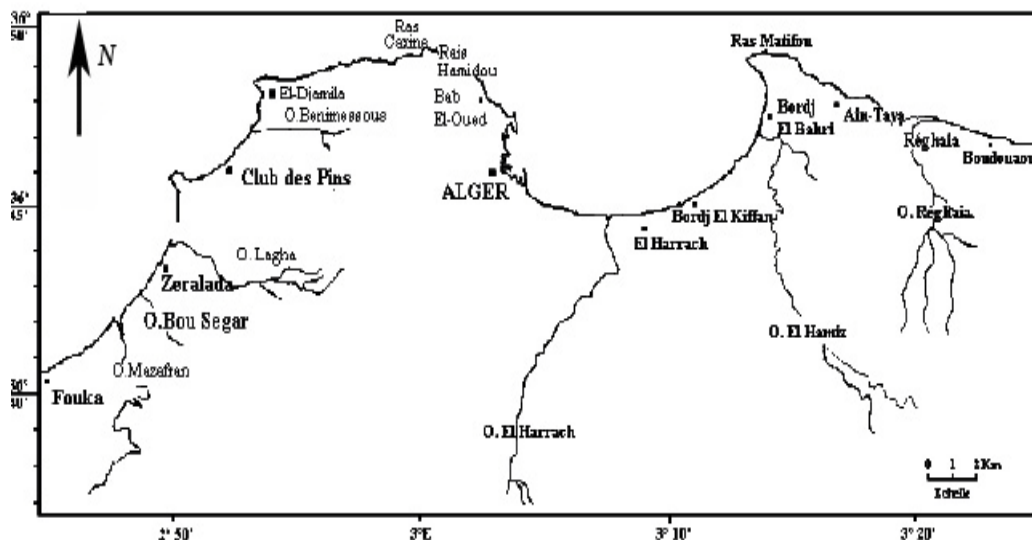


Figure 1. Situation géographique de la côte algéroise (APPL, 2009)

Le littoral Algérois, à l'instar des régions du bassin méditerranéen à forte densité de population, subit des agressions permanentes notamment par le déversement des rejets d'eaux usées domestiques et industrielles directement en mer sans traitement préalable, résultat d'une importante défaillance du système d'assainissement actuel (APPL, 2009). Et plus particulièrement la ville d'Alger est très urbanisée et la majorité des unités sont concentrées dans les zones industrielles de : Oued Smar, El Harrach, le port d'Alger, Rouïba et Réghaïa.

1.2. Source de la pollution

La zone côtière algéroise constitue le réceptacle de plusieurs types de pollutions:

❖ Les rejets domestiques exposés aux conséquences de la pollution organique ;

La zone côtière algéroise est à classer parmi les segments de la côte algérienne la plus affectée par la pollution hydrique et détritique, en particulier l'agglomération d'Alger, qui a compté: 1 915 953 d'habitants en 1987 est passé à 2 323 348 en 1998 (c'est-à-dire presque 500 000 habitants en plus).

Ces eaux usées chargées pour l'essentiel de matière organiques, matières en suspension, détergents et des huiles lubrifiantes génèrent des pollutions organiques et chimiques. Cette situation est aggravée par l'absence de traitement d'eaux avant leur aboutissement à la mer ainsi qu'un prétraitement au niveau des entreprises.

Le littoral d'Alger compte 109 rejets en plus de 26 rejets du port d'Alger pour un volume global journalier de 401155 m³/j. (Tab. 1)

Tableau 1. Les rejets d'eaux usées dans la wilaya d'Alger (MATE, 2002).

Bassin versant	Nombre de rejet	Oueds	Communes littorales concernées	Débit m ³ /j	Charge polluante Kg DBO ₅ /j	Embouchures Lieux de rejets
Beni Messous	28	Beni Messous	Zeralda, Staouali, Ain Benien, Cheraga, une partie de Hammamet.	30844.8	10435	Plage « dunes Cheraga »
El Harrach	52	El Harrache	Hammamet, Rais Hamidou, Bloghine, Alger Centre, Hamma, Hussein Dey, Mohammadia, Bordj El Kiffan, Bab El Oued, Casbah.	289008	144608	Baie d'Alger.
Réghaia	29	Réghaia	Bordj El Bahri, Marsa, Ain Taya, Hraoua, Reghaia	81302.4	26682	Réghaia plage
		El Hamiz	..			Baie d'Alger
Total	109			401155		

❖ Les rejets des industries chimiques et pétrochimiques.

D'après le recensement de l'Office National de Statistique (ONS, 1993): 10202 unités industrielles sont réparties sur l'ensemble du territoire national, avec près de la moitié se trouvent dans la région littorale ; soit 36.6 %. Alger et Tipaza concentrent à elles 1169 unités (Tab. 2). (PAC, 2006).

Tableau 2. Répartition des unités industrielles littorales par wilaya (MATE, 2002).

Wilaya	Unité	% par rapport au total national
Alger	434	4.2
Tipaza	735	7.2
Total	1169	11.4

La région centre se caractérise par une forte production de déchets de plomb (350 000 tonnes stockés au sein de l'entreprise ENPEC). (Tab. 3).

Tableau 3. Etat des grands générateurs de déchets industriels spéciaux de la wilaya d'Alger. (MATE, 2002).

Unité industrielle	Activité principale	Quantité générée (T/an)
DENITEX	Filature, tissage et finissage	500
Algérienne des fonderies El Harrach	Fonderie	4320
SNVI, divisions véhicules industriels		1065
ACG	Galvanisation à chaud et électrolytique	546
ENPEC	Fabrication d'accumulateurs	350 060

Il y a lieu de relever le déséquilibre en matière de décharge, ils ne répondent pas aux normes et sont pour la quasi totalité des décharges à ciel ouvert ; amplifiant ainsi la quantité des gaz toxiques et une pollution des nappes phréatiques.

On relèvera par ailleurs la disproportion entre les quantités de déchets générés et le nombre de décharges disponibles, notamment dans l'agglomération d'Alger.

- ❖ Les rejets de centrales thermiques qui utilisent l'eau de mer pour le refroidissement de leur turbine, ceci à pour conséquence l'altération du milieu marin en modifiant ses caractéristiques physico-chimiques et en provoquant principalement une pollution thermique ;
- ❖ Les lessivages des sols des grands périmètres agricoles ceci engendre une pollution par les éléments nutritifs;
- ❖ Les déchets solides d'origines industrielle et domestique.

Les oueds d'El Harrach et Hamiz drainent les eaux usées domestiques et industrielles, les eaux de ruissellements et d'irrigation des zones de la Mitidja qu'ils traversent. On note encore la présence de 70 points de rejets dont 26 dans le port d'Alger sont drainées sans traitements préalables. (Fig. 2).

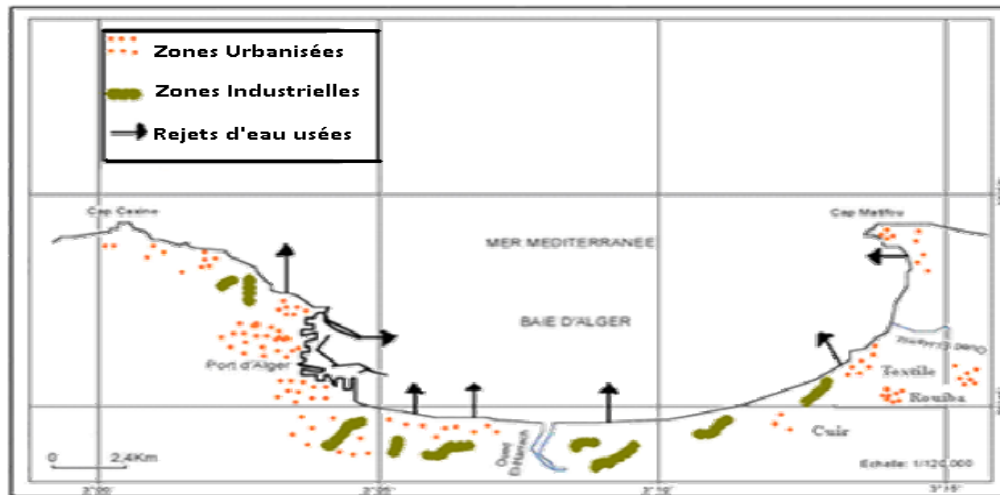


Figure 2. Zone industrielle de la baie d'Alger. Principaux rejets d'eaux usées. (Houma-Bachari, 2007).

1.3. Conditions climatiques :

La côte algéroise est régit par un climat méditerranéen dont on distingue deux saisons, l'une froide, humide et relativement pluvieuse en période hivernal, l'autre plutôt sèche et chaude en période estival.

1.3.1. Précipitations et températures :

Les précipitations, sur la région, varient de 600 à 1000 mm/an (750 mm en moyenne) et tombent en 80 jours moyens (Maouche, 1987)

D'après l'Office National de Météorologie, en 2002, la précipitation et la température évoluaient en sens inverse.

1.3.2. Les vents :

La direction des vents est étroitement liée aux saisons des observations qui ont été effectuées (O.N.M) entre 1975-1984 par l'office national de météorologie qui sont représentées par une rose des vents récapitulative sur les 10 années a pu démontrer la prédominance de 4 directions des vents.

Ainsi les vents de secteur nord avec une fréquence de 12% d'octobre en avril en revanche les vents du secteur Nord- Nord Est qui domine en saison estival (mai a septembre) présente une fréquence de 10%.

En ce qui concerne les vents qui soufflent de la direction Est, ils présentent une intensité relativement constante durant toute l'année.

Enfin, les vents de secteur Ouest- Nord Ouest ont une fréquence de 14.6%. Quand aux vents de secteur Ouest ils sont dominant en saison hivernal d'octobre a avril, avec une fréquence de 11.5%.

1.4. Les conditions hydrodynamiques :

Le bassin algérien est caractérisé par l'absence de marée et la circulation des eaux est dominée par le courant d'origine atlantique.

Dans la baie d'Alger la majorité des phénomènes hydrodynamiques sont engendrés par les houles. Toute fois, les houles de fortes amplitudes peuvent agir dans le domaine littoral et infralittoral Mais la région Est de la baie située à l'abri du cap se trouve peu affectée par ces houles divers (Maouche, 1987).

1.4. 1 : Les houles :

Dans la région d'Alger les houles sont engendrées par les vents et présentent un régime saisonnier comme pour tout le reste de la marge algérienne (**Leclaire, 1972**).

Elles sont de deux types : Les houles sévissant au large et celle à la côte.

1.4. 1.1. Les houles à la côte :

Les houles dominantes de secteur Nord Est causes par les vents sont à l'origine d'un transport sédimentaire d'Est en Ouest.

Des études entreprises par le (**L.E.M en 1999**), ont pu quantifier le taux de sédiment déplacés dans cette zone :

4400m³ /ans, entre Ain Benian et le port d'Alger, située dans la partie ouest de la baie d'Alger. 30.000/ans, pour la partie restante. A la lumière de ces résultats, il apparaît que le flux sédimentaire est sept fois plus intense à l'Est, qu'à l'Ouest de la baie d'Alger. Cette différence s'explique par l'absence d'oueds dans le secteur Ouest de la baie, soumis à une érosion continue, par suite de son orientation et son exposition aux houles frontales, créant ainsi des courants de retour.

En revanche, le secteur Est reçoit une enrichie en matériaux solides, provenant des oueds El Harrach et Hamiz, permettant ainsi l'alimentation de cette zone littorale.

1.4. 1.2 Les houles du large :

Afin de connaître et de définir les secteurs de houles dominantes ainsi que leur amplitude respective, on s'est référé au document : <<Summary of Synoptic meteorological observation (S.S.M.O).

Les fréquences mensuelles de la houle au large durant l'année 1970, ont révélé à partir de leur représentation sous forme de rose trimestrielles ainsi qu'une rose annuelle, qu'en hiver les houles dominantes sont de secteur ouest nord pour plus 80% des cas.

Néanmoins les houles dominantes sont de secteur ouest ont une période qui dépasse 10 seconde, et la profondeur de déferlement peut atteindre de 0.5 à 1.5m. Elles atteignent rarement les trois mètres de hauteur.

1.4.2 Les courants :

A l'instar de tout le littoral algérien, la baie d'Alger est fortement dépendante du courant littoral algérien, appelé également courant générale. (**Millot, 1986**).

1.4.2.1 Les courants généraux :

La méditerranée est une mer semi fermée, elle communique naturellement avec l'océan atlantique par le détroit de Gibraltar, mais de façon artificielle avec la mer rouge par le canal de Suez.

L'entrée massive des eaux atlantique via le détroit engendre un courant appelée « courant Atlantique », se dirigeant d'Ouest en Est, ce dernier longe les côtes algériennes et prend l'appellation de « courant algérien » arrivé au niveau de la région algéroise, il s'écrase contre la cote induisant ainsi des contre courants littoraux ou côtier, partiellement dans les baies (**Mohammed, 1987**), avec des vitesses de 30cm/sec (**Millot, 1986**).

Ainsi des résurgences d'eaux côtières et des up wellings fertilisent la couche superficielle en éléments nutritifs.

Ce rapport d'eau atlantique transitant par le détroit et varient de 1,6 à 1,8 millions de m³/an (**Millot, 1986**), permet à la mer méditerranée de compenser ses pertes par évaporation et de maintenir un équilibre du niveau de ses eaux.

1.4.2.2 Les courants côtiers :

Il règne deux types de courants côtiers : les courants de retour et les courants de dérive littorale.

a) Les courants de retour :

Ces derniers provoquent la mise en suspension des particules, favorisent leur dépôt suivant le sens des courants qui existent dans ce secteur la puissance de ces courants est en fonction de l'amplitude et de l'incidence de la houle par rapport à la côte et dépend de la topographie et de la composition granulométrique des sédiments de la région.

b) Les courants de dérive littorale :

Il prend effet à partir du courant Atlantique tout en évoluant dans le sens des aiguilles d'une montre en baie d'Alger

Sa vitesse moyenne est de 0,3 Km/h, conditionnée par les vents et la profondeur. En effet, cette vitesse s'accroît lorsque le vent de secteur Nord-Est souffle avec intensité et s'atténue aux grandes profondeurs.

Les deux types de courants qui affectent la baie d'Alger assurent un transfert vers le large des sédiments littoraux, et sont souvent en grande partie responsables de l'érosion des plages (Millot C, 1986).

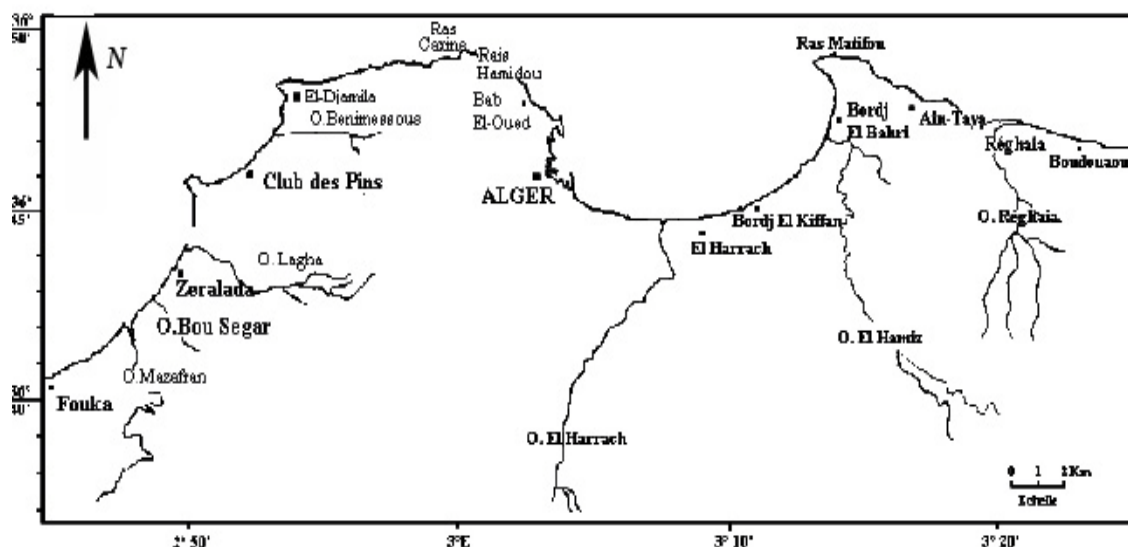


Figure 3. Réseau hydrographique de la cote algéroise (Houma-Bachari, 2007).

2. Système d'information géographique

2.1. Définition et finalité

De nombreuses définitions ont été proposées pour les systèmes d'information géographiques, traduisant leurs nombreuses facettes et accentuant l'aspect tantôt architectural tantôt fonctionnel.

Bordin, 2002, le définit comme un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré d'une façon qui permet d'extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

Un SIG peut être vu dans sa forme la plus simple comme un système de base de données dans lequel la plupart des données sont à référence spatiale.

Donc, un SIG est un « système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement » (**Gillot, 2000, in IAAT, 2003**).

Les utilisations courantes des SIG sont : la confection de carte, l'inventaire et gestion des ressources, la sélection d'un site, les plans d'urgence, les simulations d'effets environnementaux ainsi que la modélisation et l'intellectualisation du monde réel suivant différents prismes (**Combeau, 2004**).

2.2. Classification des Systèmes d'Information Géographique

Selon les finalités attendues lors de l'utilisation du SIG, on a les catégories suivantes : (**Ben Fdhila, 2004**)

- ❖ **Le SIG descriptif ou d'observation:** qui a pour but principal de fournir une image synthétique du territoire. Cette description est souvent réalisée en suivant une thématique particulière, telles que: géographie, tourisme et récréations, conservation et gestion de la zone côtière, qualité et gestion des eaux. Le SIG descriptif peut aussi dresser un état des lieux qui peut être le résultat d'analyse de type spatiale, la représentation est généralement sous forme cartographique.
- ❖ **Le SIG de gestion :** Il permet la réunion, l'analyse et la cartographie d'éléments afin d'en faciliter la gestion et l'exploitation dans le cadre de procédures préétablies. Il est utilisé pour répondre à une question précise (planification, réalisation et entretien).
- ❖ **Le SIG de recherche ou d'étude:** Le SIG prend ici la forme d'un outil d'aide à la compréhension du fonctionnement des phénomènes étudiés, il permet les requêtes complexes sur des informations de nature diverses sur une zone d'étude afin de réaliser des analyses, de mettre en évidence des phénomènes ou comparer des solutions.



Figure 4. Résumé d'un SIG (Gillot, 2000, in IAAT, 2003).

2.3. Composantes d'un Système d'Information Géographique

Un système d'information géographique est constitué par les composantes suivantes:

2.3.1. Matériels:

Le matériel d'un SIG est constitué du matériel informatique sur lequel opère le S I G, ce matériel est considéré à la fois comme:

- o **Un matériel d'entrée de données** ; par la saisie, la collecte, et la transformation des données spatiales et thématiques, en format numérique.
- o **Un matériel de stockage et de récupération des données** : organisation de données spatiales dans une forme permettant à l'utilisateur de les retrouver rapidement pour les analyses.
- o **Manipulation et analyse des données.**
- o **Le matériel de sortie de données** : il permet à l'utilisateur de générer l'affichage des graphiques, des cartes, et des tableaux représentant le produit obtenu.

2.3.2. Logiciels : Les logiciels SIG fournissent les fonctions et outils nécessaires au stockage, à l'analyse et à l'affichage de l'information.

2.3.3. Données et base de données: Les données constituent le cœur même du SIG, par la création d'une base de données (BD). Cette dernière renferme à la fois les données cartographiques et les éléments cartographiques (**Denègre et Salgé., 1996**).

2.3.4. Méthodes: La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation. Pour la démarche suivie, nous avons trois étapes ont été suivies pour réaliser ce SIG : l'acquisition des données, leurs intégrations et structurations, leurs visualisations.

2.4. Acquisition des données

Cette première étape de travail est la plus importante dans la réalisation d'un SIG. Les données intégrées dans un SIG sont de deux types : les données descriptives ou thématique et les données à référence spatiale (géographiques) (**Priou , 1997**).

2.5. Choix du logiciel

Le logiciel choisie pour notre travail est le **MapInfo version 7.8**, qui est une marque déposée de MapInfo Corporation, ce choix a été fait vue la disponibilité et la portabilité du produit.

MapInfo est un SIG généraliste bureautique typique. Il permet de sortir très facilement toutes sortes d'analyses thématiques. Il autorise l'utilisateur à ouvrir des fichiers EXCEL, à ouvrir et à modifier des fichiers ACCESS, à travailler sur des données ORACLE... de manière transparente. En revanche, ses possibilités de modélisation sont pauvres. Il ne prévoit pas de travailler sur des données en client serveur, et le travail sur de grosses bases de données est difficile (**Essevaz-Roulet, 1999**).

2.6. Entrée des données

Pour les données géographiques, différents modes sont envisageables qui se fait soit par le mode manuel ou par numérisation par un scanner du document qui contient la position des stations de prélèvement et les transformés en fichier numérique raster (**Pelle, 2001**).

✓ L'entrée des données descriptive peut se faire de deux manières (soit en affectant directement les entités spatiales ou par l'intermédiaire des fichiers de données –Excel–) (**Pelle, 2001**).

2.7. Structuration du SIG

Cette étape est très importante pour l'établissement d'une base de données, elle fait référence à l'assemblage des données.

Cette partie comprend à la fois une base de données sur les résultats des analyses et des informations sur la zone à étudier.

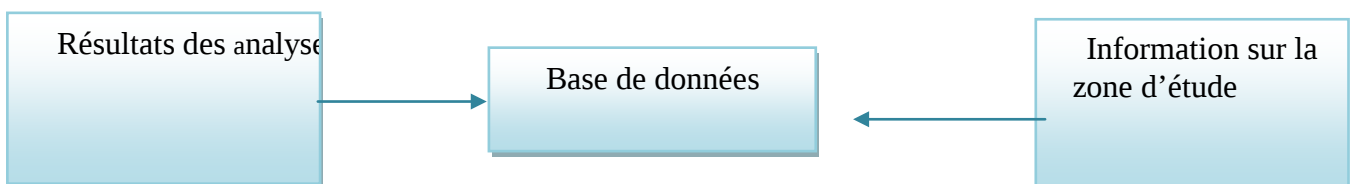


Figure 5. Les composantes de la base de données du SIG.

3. Télédétection

3.1. Schéma général d'une mesure en télédétection :

La télédétection c'est l'ensemble des techniques d'observation de la terre à distance que ce soit par voie aérienne ou par satellite. L'information véhiculée par les ondes

Électromagnétiques est basée sur l'interaction de celles-ci avec l'objet observé.

Différents acteurs (fig.6) interviennent lors du processus d'obtention d'une mesure en télédétection; en effet le rayonnement issu de la **source** interagit avec la cible qui compose la **scène** observée, la réflexion ou l'émission qui en résulte est interceptée par un **capteur** à bord

du satellite pour y subir différentes transformations qui ont pour but de produire un signal codé prêt à être transmis vers une station terrestre pour analyse. Voyons plus en détails la contribution de chaque acteur :

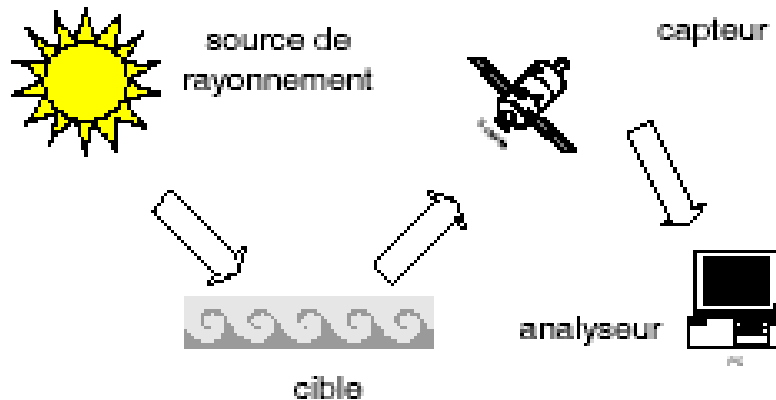


Figure 6. Schéma général d'une mesure en télédétection passive.

3.1.1. La source : (Houma-Bachari, 2007).

Les ondes électromagnétiques sont issues d'une source de rayonnement qui peut être naturelle comme le soleil dans le visible ou la terre en infra rouge thermique, ou alors artificielle lorsqu'il s'agit d'un émetteur Radar. Ceci nous amène à définir les deux techniques employées actuellement :

Télédétection passive :

Dans la télédétection passive et dans le visible le soleil constitue la seule source de rayonnement et les satellites enregistrent l'énergie solaire réfléchi par l'objet observé, par contre en infra rouge le système océan atmosphère est un émetteur de rayonnement.

Télédétection active :

Dans la télédétection active le satellite est pourvu d'un système émetteur- récepteur (type Radar), il émet et reçoit un signal réfléchi par l'objet de la surface terrestre.

3.1.2. Le Capteur :

Caractéristiques radiométriques et spectrales d'un objet :

Un objet peut être caractérisé de deux façons différentes :

- ✓ Par sa forme : déterminée par la luminance qui est une grandeur radiométrique.
- ✓ Par sa signature spectrale : déterminée par la réflectance qui est une grandeur spectrale.

Le capteur a pour but de transformer le rayonnement électromagnétique en compte numérique, il est composé des trois compartiments suivants :

- 1- Partie optique qui a pour fonction la décomposition du rayonnement électromagnétique en différents spectres focalisés sur un détecteur.
- 2- Partie détection qui a pour fonction la transformation d'énergie focalisée en un signal électrique en utilisant les principes d'optoélectronique
- 3- Partie traitement du signal dans laquelle le signal électrique est transformé en compte numérique après un échantillonnage et quantification.

3.1.3. La scène observée :

L'observation de la scène se fait par une image qui est une représentation à deux dimensions de cette scène, elle est constituée de plusieurs éléments appelés pixels lesquels par différents systèmes de balayage forment une matrice ayant un certain nombre de lignes et de colonnes. Le pixel est le plus petit élément de l'image provenant de la surface élémentaire du sol interceptée par le capteur il est limité par les caractéristiques optogéométriques du capteur comme le champ instantané de vision (IFOV). Chaque pixel au sol réfléchit ou émet son propre rayonnement qui est quantifié par sa luminance et codé en compte binaire à huit bits qui lui donne des valeurs binaires appelés comptes numériques allant de 0 à 255 soit 256 niveaux de gris.

Résolution spatiale d'un capteur : C'est le pouvoir d'un capteur à distinguer deux objets de la scène, il dépend principalement de la taille du pixel et de son IFOV. Le capteur enregistre une luminance moyenne du pixel il apparaît homogène sur l'écran, donc un objet de dimension inférieure au pixel ne pourra être discerné.

Résolution radiométrique : C'est le pouvoir d'un capteur à distinguer deux objets de luminance différente, elle dépend du nombre de bits utilisé au codage c'est-à-dire des niveaux de gris possibles.

Image multi spectrale :

Plusieurs mesures peuvent être faites à partir d'une surface couvrant un pixel, il s'agit en général de la luminance de la cible pour une longueur d'onde correspondant à la bande passante du canal de réception du capteur. Chaque mesure forme une image ainsi il est possible de constituer une image multicouches en les superposant. Par exemple une image SPOT est issue de la superposition de trois images correspondant à ses trois canaux. A chaque pixel correspondent trois valeurs de luminance. Dans la télédétection multi spectrale on étudie des images issues de quelques canaux.

3.2. La mer vue de l'espace

Les données de télédétection peuvent offrir la perspective nécessaire à la cueillette d'information sur la surface océanique, à l'échelle régionale. Les données optiques permettent de localiser des cibles comme les sédiments en suspension et la matière organique dissoute, et elles peuvent faire la différence entre les floraisons d'algues et les nappes d'hydrocarbures.

La télédétection offre une vue de la surface de l'océan, mais elle est limitée dans la quantité d'information qu'elle peut obtenir sur la colonne d'eau. Cependant, plusieurs applications sur la couleur de l'océan sont encore au stade du développement. On prévoit que le développement et l'envergure des applications s'amélioreront considérablement avec les récentes et prochaines missions effectuées par les capteurs de pointe.

3.3. Télédétection et couleur de l'eau :

La théorie de la mesure optique est basée sur le fait que les constituants de l'eau, qu'ils soient rayonnement électromagnétique de la matière organique ou inorganique particulaire ou des substances dissoutes, affectent sa couleur.

La couleur de la mer s'étend du bleu au vert. Le bleu indigo caractérise les mers tropicales et équatoriales, lorsqu'il y a peu de production biologique. A des latitudes plus grandes, la mer est bleu-vert voire verte dans les régions polaires. Les eaux côtières sont en général verdâtres.

Il y a deux facteurs contribuant à la couleur bleue de l'océan aux faibles latitudes, lorsqu'il y a peu de production biologique. En eau profonde, lorsque l'on regarde sous l'eau, la lumière que l'on voit est celle diffusée par les molécules d'eau. La diffusion étant plus importante pour les petites longueurs d'onde (bleu) que pour les grandes longueurs d'onde (principe de Rayleigh), l'eau paraît bleue.

Tableau 4 : couleur de l'eau en fonction des particules présentes

Substance dans l'eau	Absorbe...	Et l'eau apparaît...
Matière jaune (Gelbstoff)	le bleu	jaunâtre
Matière organique particulière	le bleu	jaune
Chlorophylle	les deux extrémités du spectre (rouge et violet)	verte

3.4. Influence du fond sur la réflectance de la mer :

La réflectance du fond peut affecter de façon sensible la réflectance de surfaces d'eau peu profondes (zones côtières par exemple). L'évaluation de cet effet est non seulement importante pour permettre une estimation correcte de la concentration en matériaux dissous ou en suspension, mais elle peut également servir au développement de méthodes de télédétection destinées à cartographier les types de fonds marins et la profondeur de l'eau.

Le schéma ci-dessous présentent les résultats de simulations sur modèles effectuées avec 3 types de fonds différents : sable, boue et végétation pour des eaux marines claires. Elle montre que l'effet du fond est mesurable jusqu'à une profondeur de 20 m dans le domaine du visible et que l'effet est maximum vers 550 nm dans les 3 cas présentés.

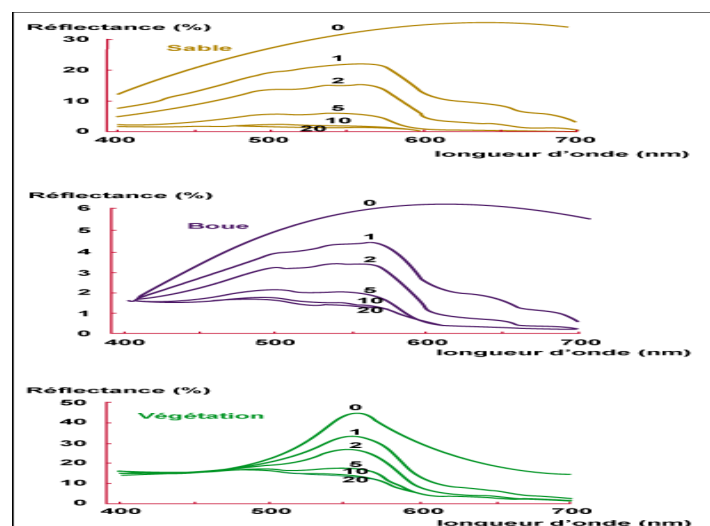


Figure 7. Spectres de réflectance des surfaces Marines

4. Caractéristiques des eaux marines :

4.1. Les paramètres physico-chimiques de l'eau

Les paramètres physico-chimiques caractérisent l'eau, ils sont des descripteurs d'hydrologie marine (**Aminot et al ,1997**), leurs variations est en fonction de plusieurs facteurs tels que la situation géographique, les processus physiques (l'hydrologie, upwelling, déversement des effluents terrigènes...).... Dans cette partie, on abordera quelques généralités sur ces paramètres mesurés in situ, et qui sont :

Conductivité électrique (C)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (**Rodier et al ., 2005**). La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**Aminot et Kérouel ., 2004**), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (**Ramade, 2000**).

La conductivité est également variée en fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau.

L'unité de conductivité est le micro-Siemens par mètre ($\mu\text{S/m}$) (**Rodier et al., 2005**). La mesure absolue de la conductivité peut servir au calcul de la salinité, mais les conditions de mesure sont alors plus complexes. Dans ce cas, la conductivité d'un échantillon est déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (*eau de mer normale*) dont la salinité est de 35 ‰ (**Rodier et al. 2005**).

Le potentiel d'hydrogène (pH)

Etant relatif à la concentration en ions hydrogène (H^+) de l'eau, le pH est une mesure de l'acidité d'une eau (**Ramade, 2000**). Il résulte de sa composition ionique, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO_2) à l'interface air-mer, ainsi que de la dissolution du calcaire (**Aminot et Kérouel ., 2004**).

En plus des processus physique, chimique, biologique, accumulation de matières organiques d'origine continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels contribuent à la modification du pH naturel. En l'absence d'influences externes, le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes (**Aminot et Kérouel .,2004**).

Salinité (PSU) (Practical Salinity Unit)

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, (**Aminot et Kérouel ., 2004**), il forme avec la température deux descripteurs de base des masses d'eaux (bon traceur du mélange des eaux) (**Aminot et Chausse-Pied ., 1983**). Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ; ou seulement les sels dominants (**Rodier et al. , 1996**).

Après la première définition de la salinité et de la chlorinité par Sorensen (1902), des techniques furent développées permettant de déterminer la salinité à partir de mesures de conductivité, de température et de pression. Dès 1978, l'échelle pratique de salinité (PSU) définit la salinité en termes de rapport de conductivité. (**Aminot et Chausse-Pied ., 1983**).

Température (T°C)

Par sa contribution à la détermination de la densité des eaux (**Gaujous , 1995**), sa mesure est nécessaire à la détermination de la stratification verticale, la valeur de saturation des gaz dissous (en particulier l'oxygène) et la circulation océanique (**Aminot et Kérouel ., 2004**). La température joue un rôle important dans les cycles biologiques par son influence sur ses activités dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces .

Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques (telle que la pression). Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (**Aminot et Chausse-Pied., 1983**). La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que : la saturation des gaz dissous, la mesure du pH (**Aminot et Kérouel ., 2004**).

Oxygène dissous (O.D ou O₂)

Ce paramètre détermine la qualité du milieu (**Aminot et Chausse-Pied ., 1983**), et gouverne la plus part des processus biologiques des écosystèmes aquatiques (**Aminot et Kérouel .,2004**).

C'est l'un des gaz dissous les plus importants que renferme l'eau de mer sur le plan quantitatif.

La mesure de ce paramètre concerne exclusivement la mesure de l'oxygène moléculaire (O₂) en solution. Sa concentration et sa saturation dans l'eau de mer est régie par plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques :

- ✓ Echanges à l'interface air-mer ;
- ✓ Oxydation chimique ;
- ✓ Diffusion et mélange au sein des masses d'eau ;
- ✓ Respiration et photosynthèse.

La concentration de l'oxygène de l'eau est sous influence des processus biologiques. Ces derniers permettent soit :

- ❖ Sa saturation dans les zones eutrophes (accroissement important du phytoplancton) ;
- ❖ Ou sa sous-saturation dans les zones riches en matières carbonées (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal) (**Aminot et Chausse-Pied., 1983**).

Dans le cas de leur absence, sa concentration dans l'eau de mer en contact de l'air n'est qu'en fonction de la pression atmosphérique, la température et de la salinité de l'eau, on parle de la concentration d'équilibre ou saturation (**Aminot et Kérouel ., 2004**).

Les paramètres particuliers**Matières en suspension (MES : mg/l)**

D'après **Ivanoff (1972)**, en plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension d'origines minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature biogénique, terrigène, éolienne et en fin météoriques. L'impact des MES sur l'eau se traduit par la diminution de la transparence de l'eau et de ce fait la production primaire photosynthétique. D'autre part elles présentent une surface de contact importante pour des

échanges physico-chimiques, chimiques ou biologiques avec l'eau de mer (**Aminot et Chausse-Pied ., 1983**).

Par le phénomène d'adsorption-désorption des MES pour les espèces chimiques, elles peuvent être considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques, biologiques (**Lacaze, 1996**). Dans les océans, la concentration des MES est faible : elle diminue de la surface jusqu'au fond. Par contre les plus grandes teneurs en MES sont aux niveaux des milieux côtiers et estuariens.

Matière organique particulaire (MOP)

Les facteurs physiques, biologiques et chimiques (disponibilité d'éléments nutritifs) contrôlent l'activité biologique des espèces trophiques primaires de l'environnement marin. Les nutriments sont assimilés par le phytoplancton pendant la photosynthèse et produisent la matière organique considérée comme une source d'énergie et de nutriments pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée (**Boulaïdid , 1987**).

La fraction endogène correspond à la matière organique produite par l'assimilation des nutriments par le phytoplancton lors de la photosynthèse. Cette matière organique qui est facilement dégradable sera source d'énergie et de nutriments pour les microorganismes (bactéries, protozoaires) (**Boulaïdid , 1987**).

Reste la fraction exogène formée par les débris des animaux et des végétaux possède une certaine résistance à la dégradation bactérienne. Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs (**Aminot et Kéroel ., 2004**).

4.2. Caractères biologique de l'eau de mer :

Les mers constituent une source de matière organique pratiquement inépuisable pour l'homme. La fertilité des mers est directement en rapport avec leur capacité de produire du plancton c'est-à-dire, une flore une faune variée comprenant des bactéries, des algues, des protozoaires, des champignons et des levures.

Les formes bactériennes les plus fréquentes sont :

*Les bacilles à Gram négatif, des genres *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Cytophaga*, *Vibrio* et autres.

*Les bacilles à Gram positif sont plus faiblement représentés comme : *Bacillus* ou *Clostridium*.

Les eaux de mer reçoivent en permanence d'énormes quantités de matière organiques et de microorganismes que leur apportent les rivières et les eaux usées d'origine urbaine ou industrielle. Ce phénomène d'invasion est tamponné et contrôlé par tout un ensemble de facteurs physique, chimique, et biologique que l'on appelle habituellement pouvoir autoépuration ; C'est un processus naturel biologique, chimique et physique au cours du quel un milieu pollué retrouve son état initial non pollué (**Leclaire L, 1972**)

4.3. Caractères optiques de l'eau de mer :

La lumière en provenance du soleil est atténuée par l'atmosphère avant d'atteindre la surface de l'eau sous l'eau on constate que l'atténuation est considérable, les infrarouges sont absorbés

dans le premier mètre et peu de lumière atteint les 100 mètres. Au delà de 1000 mètres c'est la nuit noire.

Comme dans tous les milieux deux phénomènes contribuent à l'atténuation de la lumière: L'**absorption** et la **diffusion** (Olivier ,2002).

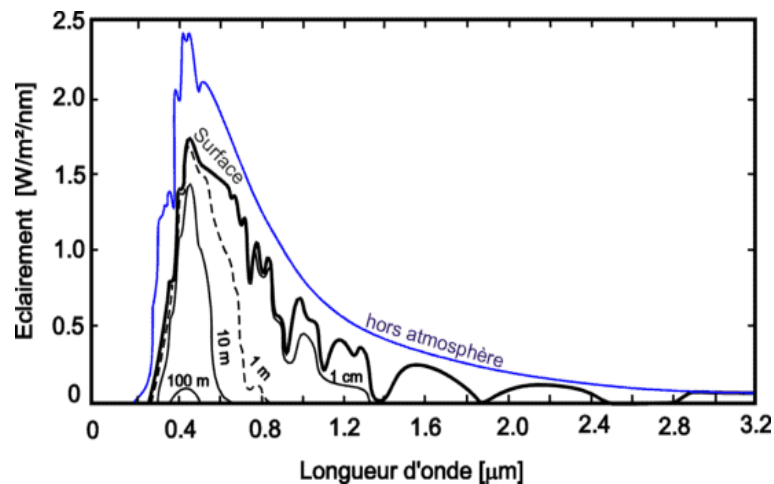


Figure 8. Evolution du spectre de la lumière naturelle dans l'atmosphère et dans l'eau (dans le cas d'une eau très claire). (Olivier ,2002).

4.3. 1. L'absorption :

L'absorption de la lumière dans la mer c'est l'absorption de l'énergie des photons par transition de niveau d'énergie des atomes et des molécules constituant l'eau de mer. Les différentes concentrations de ces constituants et les différents niveaux d'énergie excitable déterminent la façon dont les différentes longueurs d'onde composant le spectre de la lumière sont absorbées. Du fait de la grande variété des constituants de l'eau de mer, l'analyse théorique de l'interaction entre la lumière et chacun de ces constituants est pratiquement impossible. Cela nous conduit à ne considérer que les constituants pour lesquels un effet sur le spectre d'absorption a été mis en évidence expérimentalement.

Le premier constituant de l'eau de mer c'est l'eau ! L'eau pure est pour la lumière un milieu très absorbant, en particulier pour les infrarouges. Au second rang, du point de vue de l'absorption on trouve les substances organiques en suspension. Par contre, la plupart des substances composant le sel marin ont peu d'effet sur l'absorption de la lumière dans l'eau. Il n'y a pratiquement pas de différence entre le spectre d'absorption d'une eau de mer très claire et celui de l'eau distillée. (Olivier ,2002).

4.3.2 La diffusion :

La diffusion de la lumière est un phénomène physique que l'on rencontre lorsque des inhomogénéités optiques du milieu provoquent des changements aléatoires de la direction des rayons lumineux. Cela est dû par exemple à la présence de particules en suspension ou de particules constituées de molécules d'eau de densité différente du milieu environnant. Pour les grosses particules la diffusion est le résultat de la réflexion, réfraction et diffraction par de telles particules.

Lorsque les dimensions des particules sont inférieures à la longueur d'onde considérée, comme c'est fréquemment le cas pour l'eau de mer, l'optique géométrique ne suffit plus à expliquer la diffusion et il faut faire appel à la théorie des ondes électromagnétiques.

En fin l'**atténuation de la lumière** sous l'eau est essentiellement due à l'absorption, la diffusion ayant une moindre importance. Cette atténuation est fonction de la longueur d'onde et des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau de mer. Cette propriété optique apparente de l'eau de mer permet de la caractériser et donne des informations sur la densité, les concentrations des matières en suspension et la productivité biologique.

Pour un éclairage naturel de la mer par le soleil, l'intensité lumineuse à une longueur d'onde donnée λ varie en fonction de la profondeur suivant la loi :

$$I_{\lambda}(z) = I_{0,\lambda} \exp(-k_{\lambda} \cdot z)$$

Avec $I_{0,\lambda}$: intensité de la lumière à la surface et k_{λ} : coefficient d'atténuation verticale de l'eau de mer.

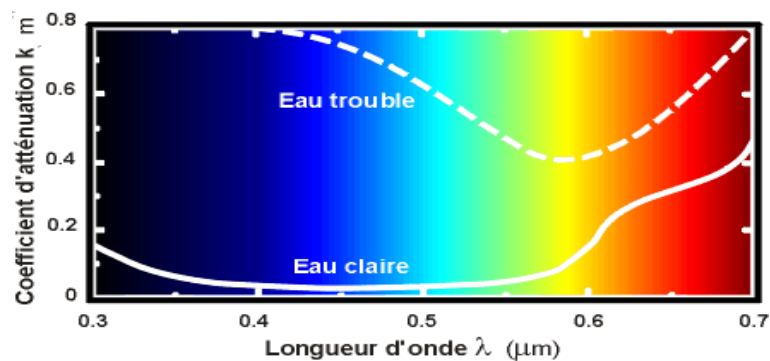


Figure 9. Évolution du coefficient d'atténuation en fonction de la longueur et énergie relative (100% à la surface) pour une eau claire et une eau trouble riche en matières organiques. **(Olivier ,2002).**

On observe une atténuation beaucoup plus importante pour les eaux côtières riches en suspensions d'origines organiques. Pour l'eau claire atténuation est minimum pour la couleur bleue, alors que pour l'eau trouble elle est minimum pour les couleurs verte et jaune. **(Olivier L, 2002).**

4.4. Les couleurs de la mer :

La couleur de la mer s'étend du bleu au vert. Le bleu indigo caractérise les mers tropicales et équatoriales, lorsqu'il y a peu de production biologique. A des latitudes plus grandes, la mer est bleu-vert voir verte dans les régions polaire. Les eaux côtières sont en générales verdâtres.

Il y a deux facteurs contribuant à la couleur bleu de l'océan aux faibles latitudes, lorsqu'il y a peu de production biologique. En eau profonde, lorsque l'on regarde sous l'eau, la lumière que l'on voit est celle diffusée par les molécules d'eau. La diffusion étant plus importante pour les petites longueurs d'onde (bleu) que pour les grandes longueurs d'ondes, l'eau paraît bleue. De plus les composantes rouges et jaunes de la lumière solaire sont absorbées en quelques mètres, la seule composante susceptible d'être diffusée est donc le bleu.

Dans les régions où la productivité biologique est importante, la chlorophylle contenue dans le phytoplancton absorbe la composante bleue et la lumière se décale vers le vert **(Olivier ,2002).**

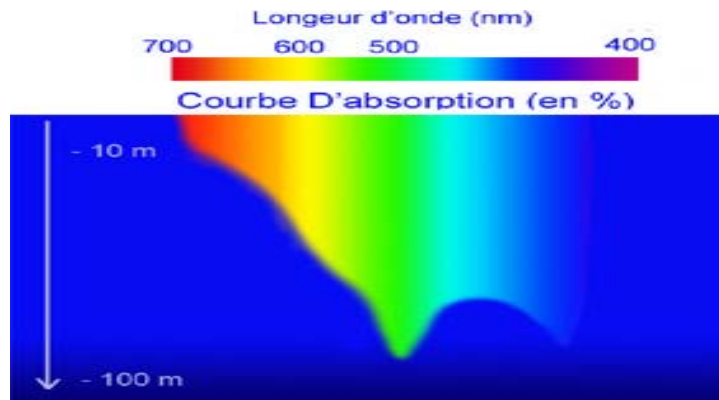


Figure 10. Graphique du spectre de la lumière solaire dans l'eau (Olivier L ,2002).

La sensation de couleur éprouvée par l'observateur qui regarde une source lumineuse ou un objet éclairé dépend de la composition spectrale du flux lumineux rayonné par la source ou réfléchi par l'objet regardé. Ce flux est toujours très complexe, c'est-à-dire qu'il est formé de plusieurs rayonnements de longueur d'onde et d'intensité différentes, que l'on peut déterminer grâce aux techniques de la colorimétrie.



Figure 11. Couleur de la mer (Olivier, 2002).

La couleur de la mer correspond, en toute rigueur, à ce que voit un observateur qui, à bord d'un petit bateau naviguant au large, regarde verticalement la surface très proche et quasi plane de la mer, ou mieux encore à ce que perçoit celui qui, équipé d'un masque, plonge la tête dans l'eau et regarde vers le fond. Dans ces conditions, la sensation de couleur est uniquement due au flux lumineux rétrodiffusé par les eaux, c'est-à-dire au résidu de lumière solaire renvoyé par diffusion à la surface de la mer. Il faut distinguer la diffusion moléculaire, due aux molécules d'eau, qui favorise la diffusion des courtes longueurs d'onde (c'est-à-dire que le flux diffusé est enrichi en bleu), de la diffusion due aux particules minérales et organiques en suspension dans l'eau de mer, qui est indépendante de la longueur d'onde. Cette diffusion est d'autant plus intense que les eaux sont plus troubles ; mais, même dans les eaux très limpides, la diffusion moléculaire joue un rôle peu important par rapport à la diffusion due aux particules. (Olivier ,2002).

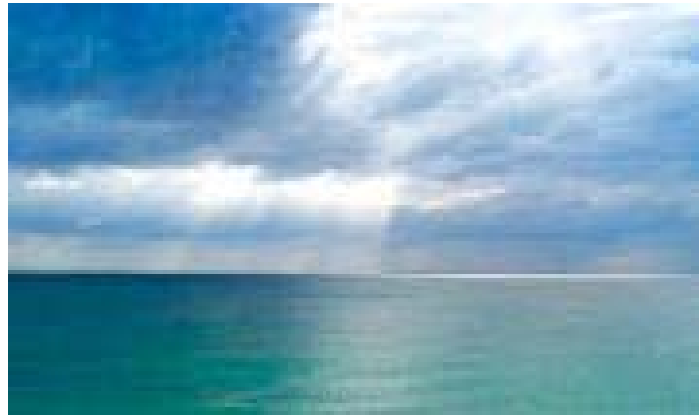


Figure 12. Flux lumineux rétrodiffusé par les eaux (Olivier ,2002).

La couleur de la mer est essentiellement due à l'absorption par l'eau des parties violette, jaune, orange et rouge du spectre solaire : l'eau de mer est donc plus transparente pour les radiations bleues ou vertes (selon sa teneur en détritiques organiques dissous), et la lumière solaire, rétrodiffusée aux diverses profondeurs, revient à la surface de la mer colorée en bleu ou vert. L'origine de la couleur de la mer est donc essentiellement différente de celle du bleu du ciel, bleu qui n'est pas dû à l'absorption mais à la diffusion moléculaire sélective des gaz atmosphériques. Les eaux peu fertiles, donc pauvres en résidus organiques dissous, sont bleues car le maximum de transparence de l'eau pure se trouve à 465 nanomètres. Le bleu de ces déserts océaniques est encore renforcé par la diffusion moléculaire.

Inversement, plus les eaux sont riches en phytoplancton, plus elles contiennent de produits de dégradation jaunâtres en solution, qui entraînent un déplacement du maximum de transparence vers le vert. C'est aussi le cas des eaux côtières riches en algues. La longueur d'onde dominante devient plus grande tandis que le facteur de pureté diminue. Ainsi, la couleur de la mer peut renseigner sur la teneur des eaux en matériel organique dissous et donner des informations sur leur fertilité (Tab.5)

Tableau 5 : Couleur des différentes mers (Olivier,2002).

	Latitude	Longitude	λ_d (nm)	P
Océan Pacifique	01°20'S	167°23'E	473	0,56
Océan Indien	11°25'S	102°08'E	474	0,56
Méditerranée	33°54'N	28°17'E	473	0,53
Mer des Sargasses	26°50'N	63°30'W	470	0,52
	25°44'N	65°38'W	473	0,49
Mer des Caraïbes	16°21'N	78°45'W	477	0,51
	13°10'N	78°58'W	477	0,44
Mer Baltique	60° N	19° E	540	0,42
Golfe de Panama	7°36'N	79°21'W	488	0,39
	6°33'N	79°57'W	487	0,30

Enfin, si les eaux sont très chargées en particules en suspension, celles-ci réfléchissent littéralement la lumière solaire, qui n'a pas la possibilité de traverser une grande épaisseur d'eau. La lumière réfléchie dépend alors essentiellement de la nature des particules :

- Blanche s'il s'agit de particules calcaires ou de phytoplancton blanc.
- Jaunâtre pour des particules terrigènes.
- Rouge pour certaines algues (Cyanophycées du genre *Trichodesmium*, auxquelles la mer Rouge doit son nom).

Il ne s'agit plus à proprement parler de la couleur de la mer, mais de celle des matières en suspension qu'elle contient.

5. Pollution des milieux marins littoraux :

5.1. La pollution marine

La pollution marine est malheureusement aujourd'hui un fait solidement établi qui concerne l'ensemble des mers et des océans du globe (**Alzieu in Salomon ,2003**).

Définition

La définition de la pollution marine est donnée par le premier rapport du Conseil sur la Qualité de l'Environnement de la Maison Blanche (1965), étant « *...une modification défavorable du milieu naturel..., comme un sous-produit de l'action humaine...* ». (**Ramade, 2000**).

Ainsi le terme de pollution marine fait l'objet d'une définition, reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (**GESAMP**), comme étant « *l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément* ».

Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type, ainsi la différente pollution affecte le milieu marin à des niveaux variables, et qui dépendent:

- o Du type de pollution (instantané ou permanent);
- o De la capacité d'auto-épuration du milieu récepteur;
- o Et du niveau de persistance et de la réactivité de la substance polluante.

Les principaux types de pollution

Les pollutions engendrées sont très diverses, une classification basée sur leur nature physico-chimique prédominante et les usages de l'eau qui sont à l'origine des pollutions est établie (**Ramade, 2000**).

A partir de la nature prédominante de la pollution, on distingue plusieurs catégories :

Pollution chimique

Cette pollution est due à l'entrée d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau marine (**Kankou, 2004**). Ces éléments peuvent être soit des composés minéraux (engrais, métaux toxiques...), organiques (hydrocarbures, molécules de synthèses...) ou des composés organochlorés tels que les amines et les phénols... (**Ramade, 2000**). Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'état de cette pollution:

- ✓ Les paramètres globaux : ils résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps, exemple : pH, turbidité, Demande Chimique en oxygène ;
 - ✓ Les paramètres spécifiques qui caractérisent des composés de même propriété chimique. (**Kankou, 2004**). Ce type de pollution peut être directement ou indirectement toxique pour les organismes aquatiques.

Pollution microbiologique

Cette pollution est une forme de pollution organique, parmi ses agents causals, nous citons:

- o Les microorganismes pathogènes tels que les bactéries et les virus : Ils sont apportés par les eaux usées directement rejetées en mer.
- o Les proliférations non pathogènes de micro algues causant des déséquilibres du milieu naturel et des modifications dans les chaînes alimentaires (bloom phytoplanctonique, eutrophisation). La principale cause de ces proliférations planctonique est les apports des déchets industriels, domestiques et agricoles riches en nitrates et phosphates.

Cette pollution a des répercussions sur la qualité sanitaire des produits de la mer (conchyliculture, pisciculture...) et sur les différentes activités de la mer (tourisme par la qualité des eaux de baignade).

Principaux germes incriminés :

On peut répartir les germes responsables de la pollution marine en germes indicateurs de la pollution fécale et en germes pathogènes.

-Les Coliformes : se sont des bactéries appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* et sont rencontrées largement dans les fèces d'origine animal et humaine. Dans ce groupe on distingue :

***Les Coliformes totaux :** ils peuvent avoir d'autres sources à part la matière fécale à savoir les cours d'eau, les eaux de ruissellement et certains types d'effluents industriels.

***Les Coliformes fécaux :** Ils indiquent généralement une pollution récente de l'endroit où ils sont décelés, car ils ne se multiplient pas dans le milieu marin. Leur principal problème est leur temps de survie relativement court dans l'eau de mer. Ce groupe englobe l'espèce *Escherichia coli* (E-coli) qui est l'indicateur spécifique d'une origine fécale récente.

-Les Entérocoques : Ces bactéries appartiennent à la famille de *Enterococcaceae*, au genre *Enterococcus*. Les entérocoques sont originaires des intestins de l'homme et des animaux à sang chaud et indiquent une pollution par des matières fécales. Ce groupe bactérien est souvent utilisé comme témoin supplémentaire de contamination fécale du milieu aquatique. Les entérocoques ne sont pas pathogènes pour l'homme mais leur présence en grand nombre pourrait indiquer la présence de bactéries pathogènes.

-Les Salmonelles : Les espèces du genre salmonella appartiennent à la tribu des *Salmonellae* et à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le genre *Salmonella* est l'un des plus importants de

cette famille. Les salmonelles sont des organismes mésophiles. Elles sont présentes chez l'homme au niveau des Intestins, mais aussi chez les mammifères, les oiseaux et bon nombre d'animaux à sang chaud. La présence des salmonelles dans l'eau et dans les fruits de mer indique une contamination fécale directe ou indirecte à partir des déchets de l'homme et des animaux.

-**Les vibrions** : appartiennent à la famille des *Vibrionaceae* au sein de laquelle on distingue le genre ***Vibrio*** qui revêt une importance particulière dans la contamination des eaux et fruits de la mer. La plupart des *Vibrio* sont d'origine marine, ils ne se multiplient qu'en présence de NaCl. ***Vibrio cholerea*** est l'espèce la plus connue du genre, elle ne se trouve pas à l'état naturel dans l'eau propre, mais est introduite par les eaux usées. Les deux derniers types de germes (Salmonelle et vibrion) sont pathogènes et proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents et d'autres sources de pollution (**Galaf, 2003**).

Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau (**Kankou, 2004**), ainsi que les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires et les nappes pétrolières et les radiations ionisantes ... (**Lacaze, 1996**). Les apports des eaux chaudes diminuent la solubilité de l'oxygène dissous du milieu, ainsi provoquant des perturbations dans le métabolisme phytoplanctonique par inhibition de la photosynthèse.

5.2 .Sources de pollution

Selon le mode de propagation des pollutions, ces dernières peuvent être classées en trois types: les pollutions accidentelles, pollutions diffuses et pollutions anthropiques (**Kankou, 2004**). Ces différents types de pollution ont plusieurs sources, et qui peuvent être dues aux :

➤ **Rejets d'effluents domestiques** : qui sont des eaux résiduaires véhiculées en mer directement sans épuration, et sont caractérisées par de très fortes teneurs en matière organique, germes fécaux (diversifiés), sels minéraux, détergents...etc.

Les conséquences de cette pollution organique sont catastrophiques pour presque tous les organismes constituant les peuplements des milieux néritiques (**Kankou, 2004**).

➤ **Pollution d'origine industrielle**: constituent la première grande source de pollution des eaux, résultantes de différentes industries, telles que : la production d'énergie, l'industrie chimique, métallurgique, électronique... et cela par l'utilisation des combustibles fossiles, des molécules minérales et organiques de synthèses (**Ramade, 2000**).

➤ **Pollution agricole**: elle résulte de l'utilisation de divers produits phytosanitaires, issus du lessivage des terres agricoles (phénomène d'eutrophisation), des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (**Leroy, 1999**).

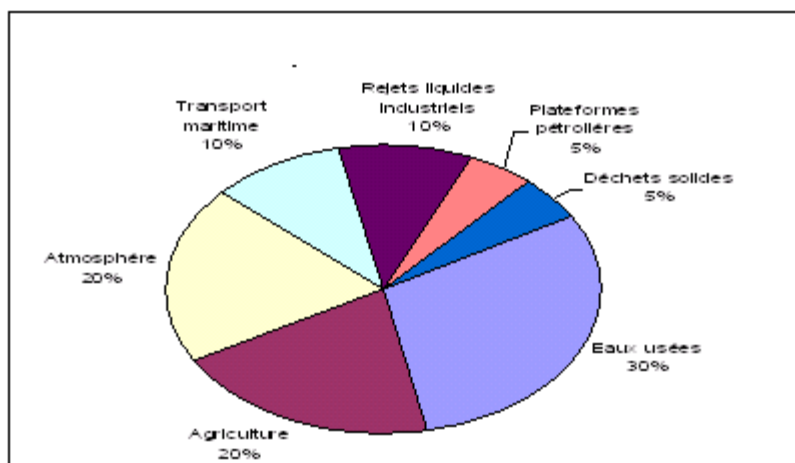


Figure 13 .Origine de la pollution (Leroy ,1999).

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

Le travail de terrain, de laboratoire ainsi que les méthodes d'analyses sont recueillies dans ce chapitre, à savoir :

1. la description de la méthodologie adoptée et au protocole d'analyses des prélèvements d'eau de mer.
2. la description des étapes principales pour la mise en place d'un système d'information géographique
3. étapes suivies pour le traitement des images satellites
4. les méthodes d'analyse statistique

1. Choix des stations et échantillonnage

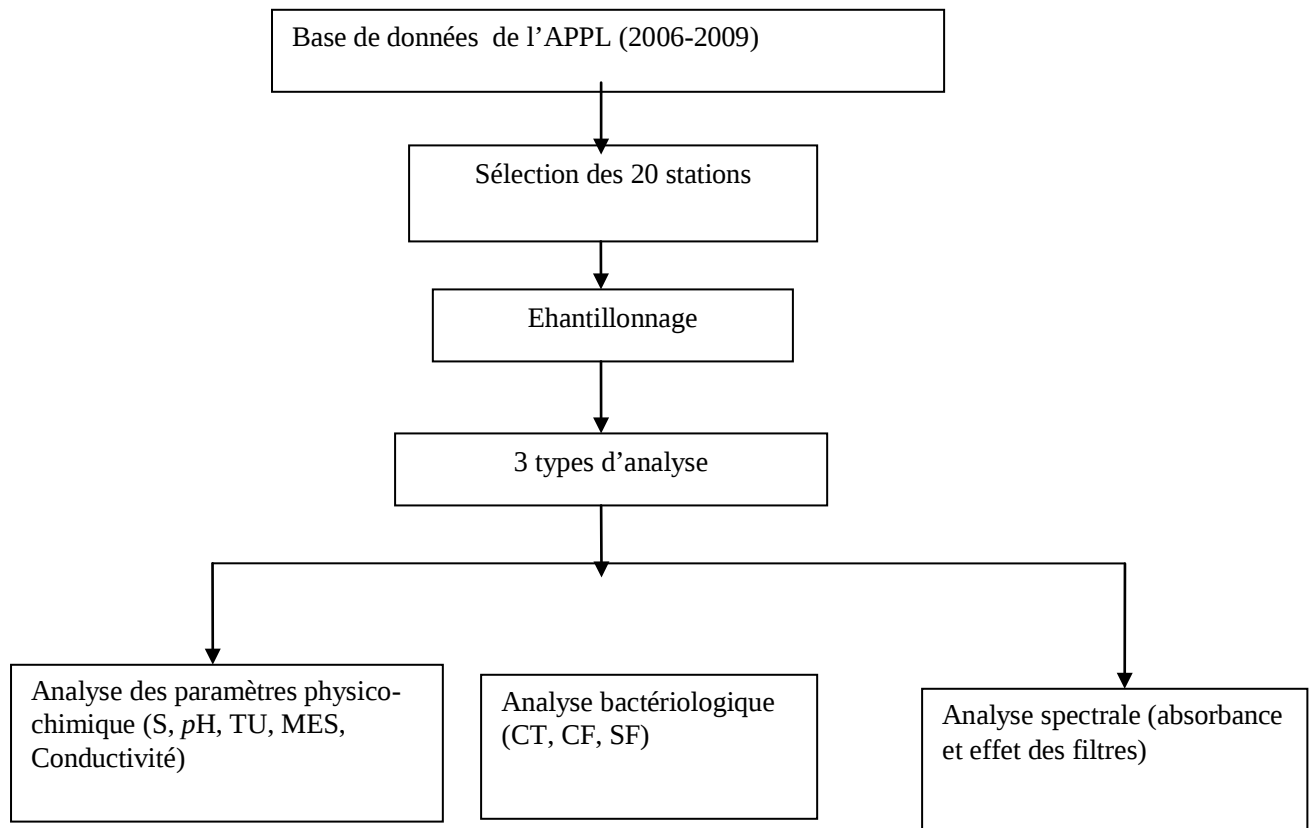
1.1. Localisation et Caractéristiques des stations :

Dans le cadre du suivi de l'évaluation du degré de contamination fécale du littoral algérois, nous avons réalisé plusieurs prélèvements dans différentes stations. Les analyses ont aussi concerné les différents paramètres physico-chimiques, les indicateurs de pollution et les paramètres optiques. Les prélèvements ont été effectués durant l'année 2009 au mois de Mai environ 5 prélèvement par semaine.

Nous avons tenté de couvrir la totalité de la côte algéroise. On a déterminé 20 points de prélèvement représentatifs de la qualité d'eau de notre zone d'étude. (Fig .14)

Les 20 points de prélèvements ou stations ont été choisis on se base sur des études préliminaire précisément celles de l'APPL (Agence pour la Protection et la Promotion du Littoral Algérois).

Les principales étapes sont données par l'hierarchie suivante :



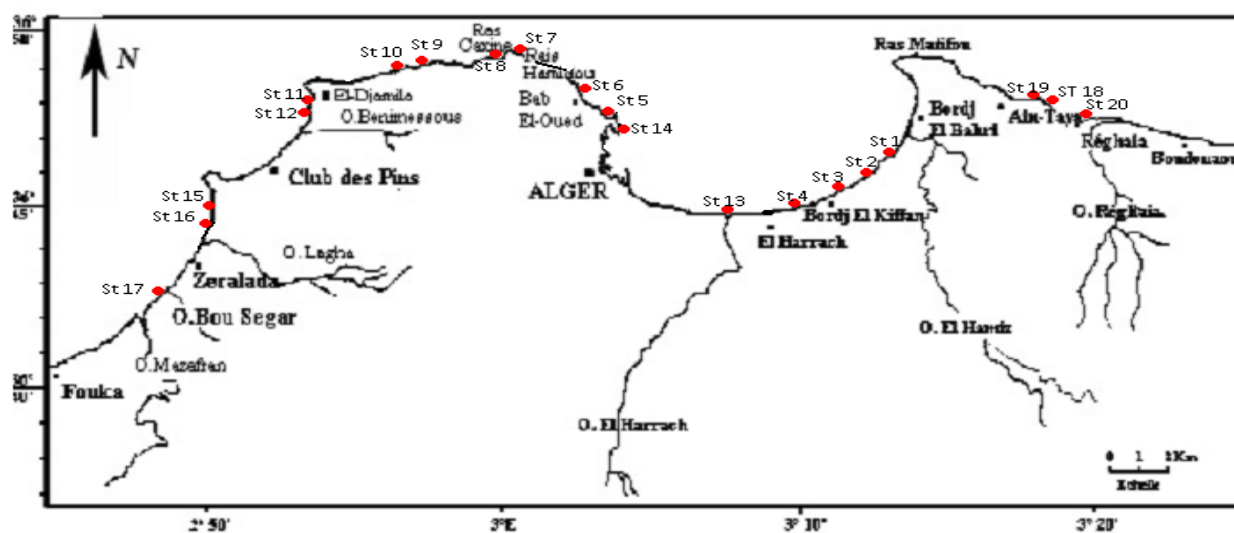


Figure 14. Localisation des stations de prélèvements

Ce tableau fournit les coordonnées et les caractéristiques des stations

Tableau 6 : Les caractéristiques et la localisation des stations de prélèvement (APPL, 2009)

Station	PLAGE	Type de plage	Erosion	Granulométrie	Statut (2008)	LATITUDE	LONGITUDE
1	Bateau cassé	Rocheuse et sableuse	Faible	Sable fin-massif rocheux	Autorisée	36°45'57''	3°13'08''
2	Verte rive	Rocheuse et sableuse	Moyenne	Sable fin-massif rocheux	Interdite	36°44'58''	3°11'27''
3	Lido					36°44'339''	03°08'538''
4	Pins maritimes					36°44'12''	03°07'211''
5	kittani	Sableuse	Absence	Sable fin	Autorisée	36°47'30''	3°03'23''
6	Deux chameaux	Sableuse-rocheuse	Forte	Sable moyen	Interdite	36°47'34''	3°03'33''
7	La vigie	Sableuse	Absence	Sable fin	autorisée	36°48'50''	3°01'17''
8	Franco	Sableuse	Absence	Sable fin	Autorisée	36°49'04''	3°00'50''
9	Fayette	Sableuse	Moyenne	Sable grossier	Interdite (Pollution)	36°48'49''	2°57'19''
10	Bainem					36°48'55''	2°59'35''
11	méditerranée	Sableuse	Faible	Sable fin	Autorisée	36°44'08''	2°50'32''
12	Jeunesse	Sableuse et Rocheuse	Moyenne	Sable moyen à grossier	autorisée	36°48'51''	2°57'39''
13	Oued el harrach (Embouchure)					36°44'346''	03°07'819''
14	Kaa sou					36°47'26''	3°03'15''
15	Palm beach	Sableuse		Sable moyen	autorisée	36°44'39''	2°50'48''
16	Azur plage	Sableuse		Sable moyen	autorisée	36°44'08''	2°50'32''
17	El kheloufi			Sable fin à grossier et galets par endroits	Autorisée	36°42'19''	2°48'46''
18	surcouf	Sableuse	Forte	Sable grossier	Autorisée	36°47'30''	3°14'09''
19	tamaris	Sableuse	Très forte	Sable grossier+sable fin	Autorisée	36°47'47''	3°21'50''
20	El kaddous	Sableuse	Moyenne	Sable moyen	Autorisée	36°45'59''	3°20'41''

1.2. Modalités de prélèvements

Les échantillons d'eau de mer ont été récoltés à chaque station et à un seul niveau de profondeur (à 50 cm de surface). Les prélèvements ont été effectués à l'aide de bouteilles préalablement autoclavées. Les échantillons ont été conservés en glacière réfrigérée pendant le transport jusqu'au laboratoire où les analyses ont été aussitôt effectuées. Certains paramètres ont été mesurés *in situ*: pH, conductivité et salinité.

Les échantillons d'eau de mer destinés à la mesure de la matière en suspension (MES) dans des bouteilles en verre de contenance de 1 litre, ont été filtrés dès le retour au laboratoire.

Paramètres recherchés :

- Microbiologie :
 - Recherche et numérotation des germes témoins de contamination fécale : Coliformes totaux et fécaux, Entérocoques.
- Physico-chimiques
 - Analyse Physico-chimiques : pH, Salinité (‰), Conductivité (ms/cm), Turbidité (NTU) et Matières en suspension (MES)
- Optique

- Analyse spectral : Etude de l'absorbance de l'eau de mer en fonction de la longueur d'onde

Prendre des photos en utilisant des filtres de différentes couleurs.

1.3. Les analyse :

1.3.1. Analyses bactériologiques :(Annexe 1)

Les échantillons prélevés ont été analysés au niveau du laboratoire d'Hygiène de la wilaya de Tipaza. Ils ont fait l'objet d'un traitement bactériologique par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable).

Les germes test recherchés et dénombrement sont les coliformes totaux, coliformes thermo tolérant (*E .coli*) et les Entérocoques.

1.3.1.1. Mode opératoire

1.3.1.1.1.Méthode de recherche et dénombrement des Coliformes :

Elle comporte deux étapes :

- Test de présomption (recherche des coliformes fécaux) :

Il est effectué en utilisant le milieu ou bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol double et simple concentration (BCPL)

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 3fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 3fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le schéma n° 2.
- 3fois 1 ml dilué à 10^{-2} dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le schéma n° 2.

Après ensemencement des milieux avec la quantité nécessaire agiter, homogénéiser sans faire pénétrer l'air dans la cloche, et placer les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48 heures

- Test de confirmation ou test de Mac Kenzie

Les tubes de BCPL trouvés positifs (les tubes où se produira simultanément un trouble dans toute la masse du liquide et un dégagement du gaz dans la cloche de Durham) lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une ose bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux,
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

Remarque : Etant donné que les Coliformes fécaux font partie des Coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux.

1.3.1.1.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :

- Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

3fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C

3fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C

3fois 1 ml dilué à 10^{-2} dans 3 tubes contenant 10 ml ROTHE S/C

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incuber dans une étuve thermostatée à 37°C pendant 48 heures

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers : ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

- **Test de confirmation** : Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu LITSKY EVA,
Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation : L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

Lecture : Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :
Un trouble microbien, et une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

1. 3. 2. Mesure des paramètres physico-chimiques :

A chaque station de prélèvement, nous avons effectué in situ l'analyse des paramètres suivants :

Les paramètres physico-chimiques (pH, Salinité et Conductivité) ont été mesurés à l'aide d'une valise multi-paramètres.



Figure 15. Valise multi- paramètres

1.3.2.1 Mesure de la turbidité :

La mesure s'effectue à l'aide d'un turbidimètre

1.3.2.1.1. Calibration du turbidimètre :

1-Préparer des solutions de 20,100 et 800 NTU

2-Rincer le pilulier. Le remplir jusqu'à 15ml avec de l'eau distillée.

3-Insérer le pilulier dans son compartiment en veillant à ce que l'orientation soit correcte (la flèche se trouvant sur le pilulier doit être dirigé vers l'opérateur).

4-Fermer le couvercle .presser sur « power ».

5-Presser sur « cal ».apparaît sur l'écran l'indication « so ».le zéro clignote.

6-Presser sur « read ».le chiffre 60 s'affiche sur l'écran puis descend jusqu'à zéro
.le « S1, 20 ntu » apparaît.

7-Insérer le 20NTU. (Préalablement préparé) à la place de l'H2O.

8-Presser sur « read ».le chiffre 60 s'affiche puis descend jusqu'à zéro.
« S2 ,100 ntu »apparaît.

Le

9-Insérer alors le 100ntu à la place du 20ntu.

10-Presser sur « read » .le chiffre 60 s'affiche puis descend jusqu'à zéro .le « S3, 800 ntu »apparaît.

11-Insérer le 800ntu à la place du 100 ntu.

12-Presser sur « READ ».le chiffre 60 apparaît puis descend jusqu'à zéro .le « S0 » s'affiche.

13-Presser sur « CAL ».le « 000 »apparaît. L'appareil est calibré et prêt à l'utilisation.

Remarque.

Dans le cas d'une erreur dans la calibration, des messages s'affichent sur l'écran indiquant la cause probable et l'éventuelle correction à apporter en se référant au tableau des corrections. (MANUEL).

1.3.2.2. Matière en suspension (MES) :

Pour la mesure .Il existe deux méthodes normalisées d'analyse des MES :

- la méthode par filtration sur filtre en fibres de verre : NF EN 872 (utilisée dans notre cas).
- la méthode par centrifugation : NF T 90-105-2

Principe :

On évalue le poids sec du résidu, à 1 ou 0.1 mg près, obtenu par filtration de l'échantillon d'eau, après passage à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures

Matériel :

- Dispositif de filtration (trompe à eau, fiole et entonnoir de filtration)
- Disques filtrants en fibre de verre (NF EN 872)
- Etuve à 105 °C ou Micro ondes
- Balance de précision (au mg ou au 1/10 mg)

Mode opératoire:

- Laver le disque filtrant fibreux à l'eau distillée, le sécher à l'étuve (1 h à 105°C) et le placer en attente dans un dessiccateur.
- Peser le disque : P0 mg.
- Placer le disque dans l'appareil de filtration et mettre en route le système d'aspiration.
- Verser progressivement le volume V l d'eau à analyser sur le disque filtrant jusqu'à ce que l'appareil de filtration se vide.
- Rincer le récipient qui a contenu l'échantillon avec 10 ml d'eau distillée et filtrer les eaux de lavage
- Mettre le disque filtrant à sécher (1 h à 105°C ou 15 min à la micro-onde à puissance moyenne).Laisser refroidir le filtre au dessiccateur.
- Peser le filtre : P1 mg.
- Calculer les MES avec la formule suivante:

$$\frac{(P2 - P1) \times 1000}{V}$$

Avec ;

P1 = poids du filtre (vide) avant filtration;

P2 = poids du filtre séché après 24 heures;

V = volume de l'échantillon.



Figure 16. Matériels de filtration

1.3.3. La spectrophotométrie d'absorption moléculaire :

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée en solution. Plus cette espèce est concentrée plus elle absorbe la lumière dans les limites de proportionnalités énoncées par la loi de Beer-Lambert.

La densité optique des solutions est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de l'espèce chimique à étudier.

L'absorbance est une valeur positive, sans unité. Elle est d'autant plus grande que l'intensité transmise est faible (Rodier, 2005)

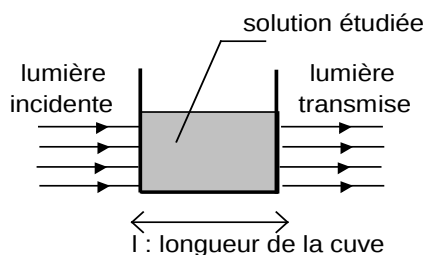


Figure 17. Spectrophotomètre D'absorption moléculaire (Jenway 6035 UV .VIS)

1.3 .3.1 Principe de la méthode d'analyse :

Les bandes d'absorption d'une solution sont caractérisées par leur position et leur intensité. Les lois de l'absorption ont été formulées en 1730 par Lambert et généralisées en 1852 par Beer. Ainsi, lorsqu'une lumière monochromatique traverse une cuve transparente incolore, de longueur l et contenant une solution de la substance absorbante de concentration C , on mesure l'absorption de ce système par une grandeur appelée **absorbance** et notée A . C'est une grandeur sans unité appelée aussi **densité optique**.

Une solution qui laisse passer intégralement la lumière incidente a pour absorbance $A = 0$; lorsque ce n'est pas le cas, son absorbance est supérieure à 0.



L'absorbance dépend de la longueur d'onde de la lumière monochromatique utilisée. Son expression est alors donnée par la loi de Beer-Lambert : $A = \varepsilon(\lambda).I.C$, où $\varepsilon(\lambda)$ est appelé coefficient d'extinction molaire ; il dépend de la substance absorbante étudiée et de la longueur d'onde de la lumière.

L'absorbance est mesurée expérimentalement à l'aide d'un spectrophotomètre.

Matériel :

- un spectrophotomètre d'absorption moléculaire ;
- des cuves pour le spectrophotomètre (en verre) ;
- une pipette pleine d'eau distillée ;
- papier mouchoir.

Manipulation :

Le spectromètre permet de mesurer l'absorbance de la solution étudiée pour une longueur d'onde donnée. Une cuve remplie d'eau distillée sert de référence.

Remplir aux 3/4 une cuve avec de l'eau distillée et placer cette cuve dans le spectrophotomètre pour le calibrer. Remplir aux 3/4 une deuxième cuve avec l'eau de mer à analyser et placer cette cuve dans le spectrophotomètre. Rabattre le couvercle.

Régler la longueur d'onde sur 400 nm. Placer la cuve n°1 sur le trajet du faisceau : le spectrophotomètre indique 0. Placer la cuve n°2 sur le trajet du faisceau et lire et noter la valeur de l'absorbance A.

Recommencer les mêmes opérations avec une longueur d'onde de 410 nm, puis 420 nm ainsi de suite jusqu'à 700 nm.

1.2.3.2. Principe de l'analyse :

La clarté de la mer est l'un des plus beaux aspects de la qualité de l'eau. L'eau qui semble clair, c'est pensé comme étant propre, même si ce point de vue n'est pas entièrement justifié. Le suivi de la clarté de l'eau dans le plateau et les zones côtières est devenu important dans l'évaluation de l'impact humain, et climatiques induits par les changements dans les eaux côtières plus en contact avec les activités humaines (Bowers, 2003).

Le but de cette analyse est de déterminer la courbe d'absorption en fonction des longueurs d'ondes du spectre visible pour suivre son déplacement, et avoir le maximum et minimum d'absorption de chaque station. Cela nous renseigne sur la clarté de l'eau et sa couleur et la gamme d'absorption.

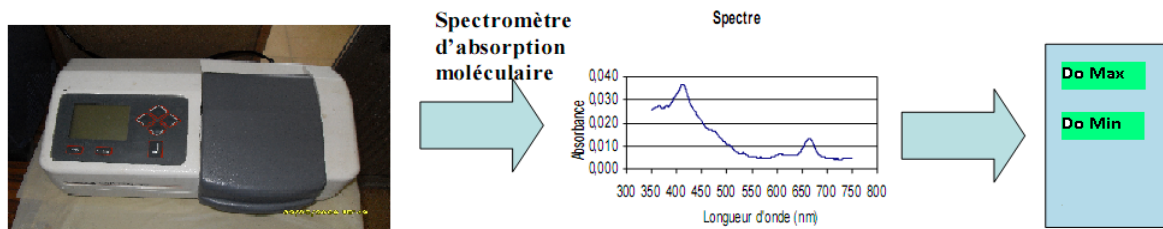


Figure 17. Principe de l'analyse

1.4. La prise des photos :

Notre étude a concerné deux sites différents ;

- Plage de El kaddous située à l'Est du littoral algérois considérée comme une zone non polluée.
- Station d'El Harrach située au centre de la baie d'Alger qui lui par contre et considérée comme une zone polluée.

1.4.1. Matériels :

- **appareil photo numérique** : L'appareil photo numérique est un appareil qui transforme une image réelle en image numérique. Ils fonctionnent sur le même principe que les appareils photo classiques excepté que la lumière est

dirigée sur un capteur CCD au lieu d'une pellicule photographique. Ils possèdent également une mémoire pour stocker les images prises.

La résolution de ces appareils photo numériques se compte généralement en nombre de pixels horizontaux par nombre de pixels verticaux.

Dans notre cas nous avons utilisé un appareil photo numérique de marque SONY avec une résolution de 5.1 méga pixels.

- **Filtre :** On utilise des filtres de plusieurs couleurs : bleu, rouge et jaune qui sont considérés comme des couleurs primaires, et on ajoute deux filtres de couleur complémentaire qui sont le vert et le marron. Et cela afin de montrer la différence de réflexion et d'absorption des différentes couleurs dans l'eau de mer.

1.4.2 Applications : À l'aide d'un appareil photo numérique nous avons pris des photos à différentes profondeurs, pour se faire nous avons placé un filtre devant l'objectif de l'appareil puis nous avons photographié. Les photos prises se jour la, été faite sous un ciel dégagé (aucun nuage) et absence de vent donc pas d'agitation.

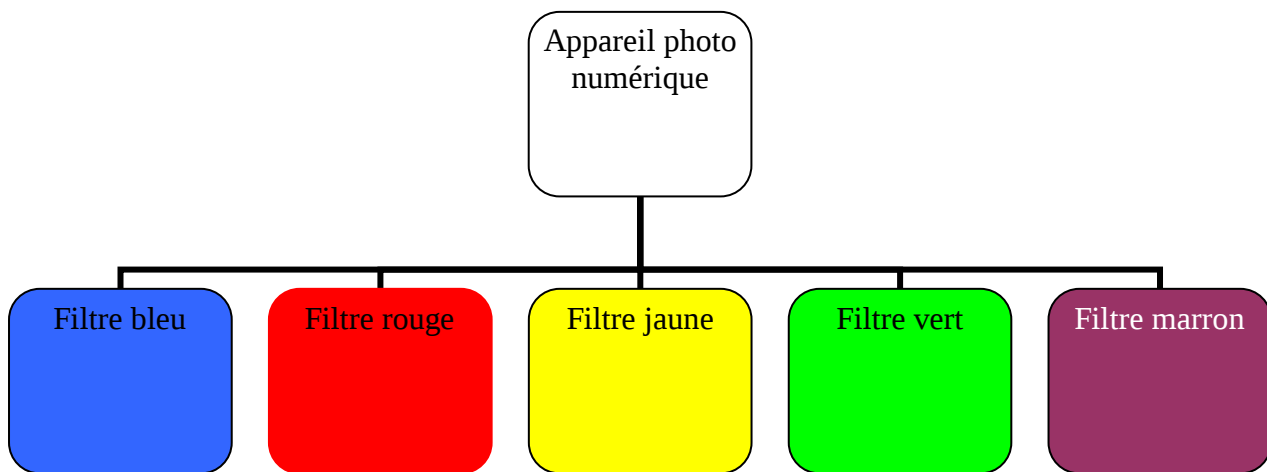


Figure 18. Schéma d'application

1.4.3 Conditions d'applications :

- être de dos au soleil pour photographier.
- garder la même position et la même profondeur quand on passe d'un filtre à un autre.
- Afin d'éviter le moins possible le trajet des rayons lumineux, le filtre doit être le plus mince possible, les meilleurs filtres sont faits de gélatine teintée couchée sur une surface plate, après refroidissement, la feuille de gélatine est protégée sur ses deux faces par un vernis.

Objets visés :

- 1- Eau de surface polluée par un panache d'hydrocarbure
- 2- Eau non profonde avec un fond constitué de cailloux
- 3- Eau non profonde avec un fond composé de sable et végétation

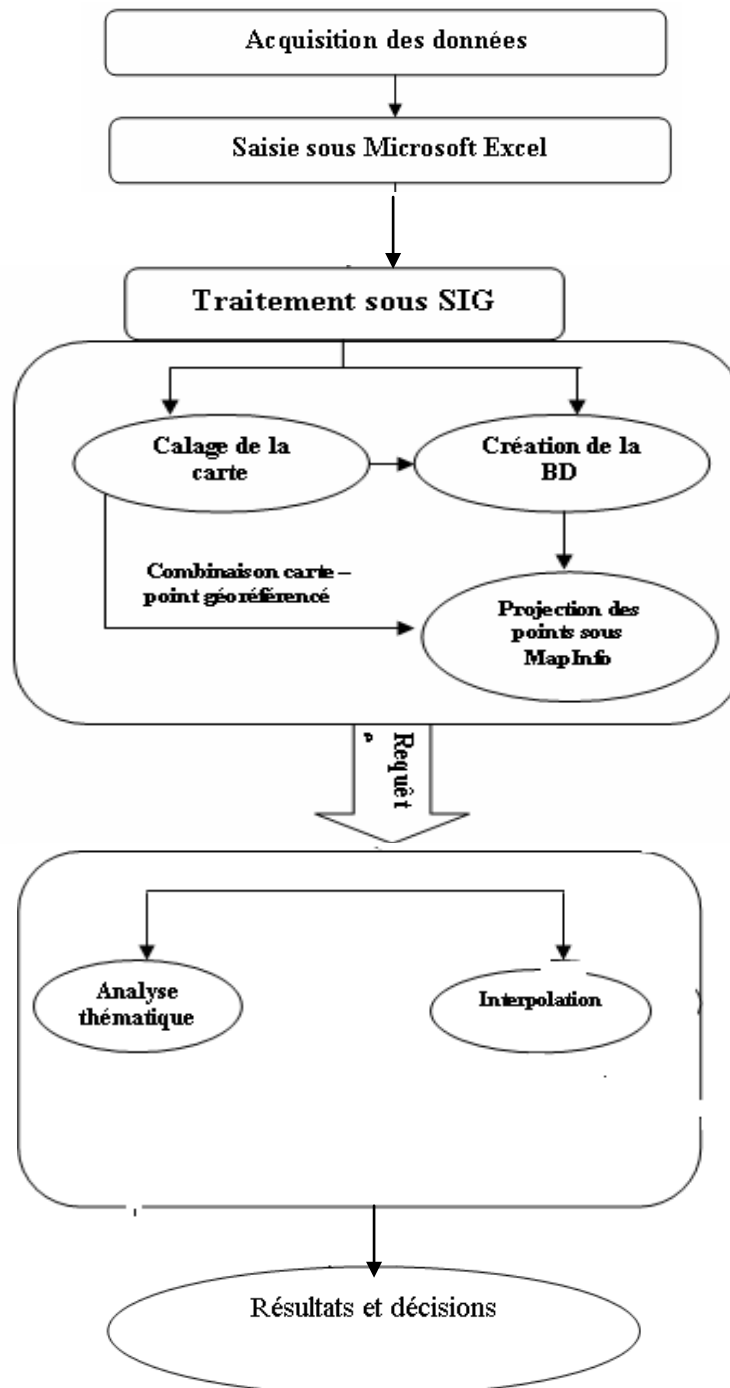
1.5. Etude rétrospective :

Dans le but d'établir l'évolution de la qualité bactériologique des eaux de mer de la wilaya d'Alger, nous avons réalisé une étude rétrospective sur deux années (2006-2007).

2.1 .Système d'information géographique

2.1.1. Démarches suivies

Pour la présente étude, nous avons suivi les étapes représentées dans le schéma suivant



2.1.1.1. Saisie des données

Dans notre étude, nous avons pris en considération les informations sur notre étude. Le travail consiste à saisir les données sur Microsoft Excel, en introduisant les variables suivantes :

- Numéro de la station,
- Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage,
- Coliformes totaux
- Coliformes fécaux
- Stréptocoques fécaux
- Salinité
- Conductivité
- pH
- Turbidité
- Matière en suspension

2.1.1.2. Le calage

« Caler » une image raster signifie entrer des coordonnées géographiques dans une projection définie et indiquer quelques points de l'image correspondants à ces coordonnées, il est indispensable de caler chaque image raster avant de l'utiliser dans la base de donnée surtout si on utilise l'image avec des données vectorielles. Les informations du calage sont stockées dans le fichier « .tab ».

Pour un meilleur calage de la carte, il faut obtenir la plus petite valeur de l'erreur afin d'éviter un mauvais alignement de l'image raster avec les couches vectorielles superposées

Résultat : on a aboutit à une carte de coordonnées géographique connu, Une fois les images sont calées, elles sont prêtes pour toutes manipulation. Parmi ces manipulations, on s'intéresse à l'analyse thématique.

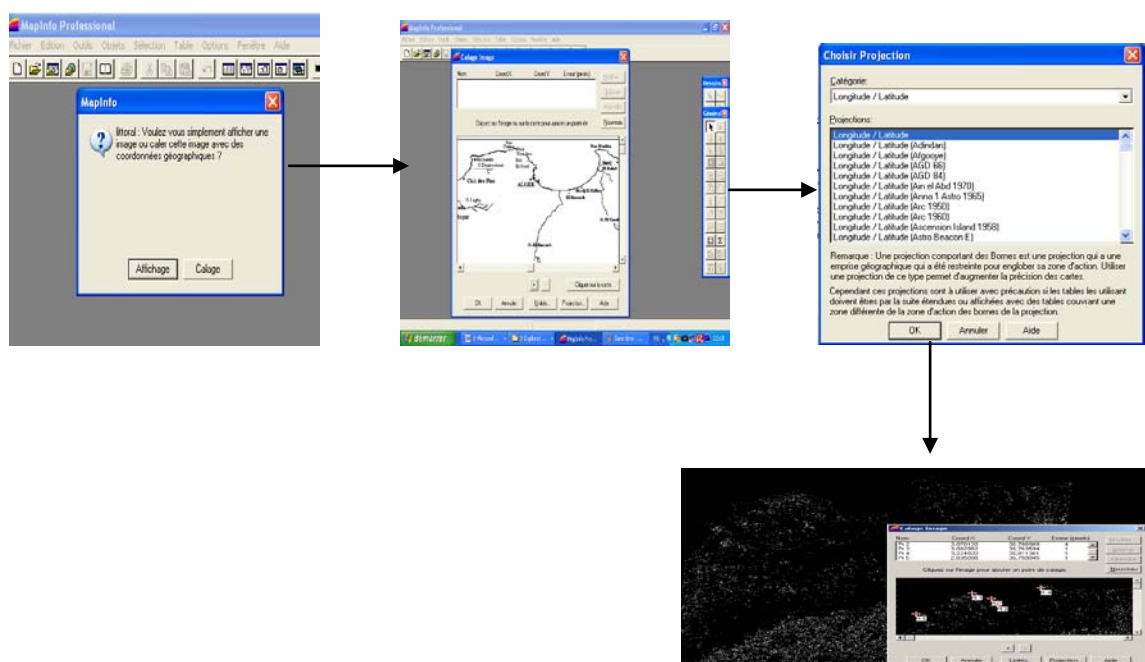


Figure 20. Étapes suivies pour le calage

2.1.2. Les requête

Une requête est une opération d'interrogation réalisée sur une partie de la base de données. MapInfo simplifie le recours aux requêtes SQL (Structured Query Language) en proposant des interfaces graphiques assez commodes pour interroger la base de données géographique (**Barbier; 2002**). L'objectif d'une requête est l'extraction d'information à partir des caractéristiques spatiales et thématiques. Elle consiste à faire une analyse thématique qui revient à représenter les différentes variables de la base de données sur les points géo référencés. Dans le présent travail nous nous sommes intéressés aux sept variables.

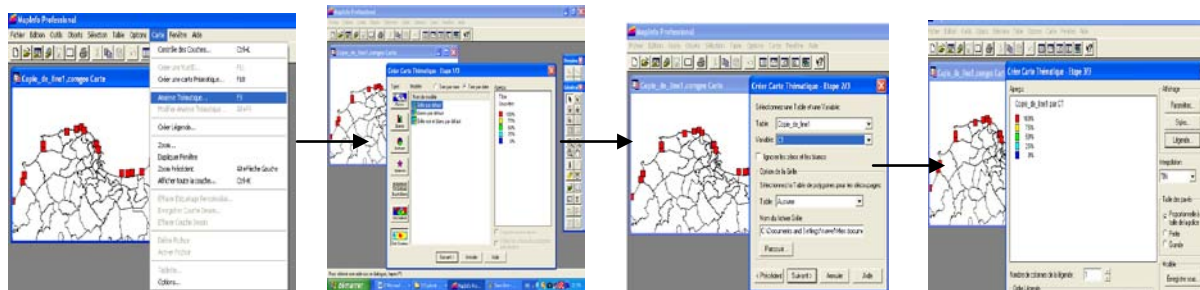


Figure 21. Analyse thématiques

2.2. Télédétection

2.2.1 Matériel informatiques et images satellitaires

2.2.1.1. Système optique du satellite SPOT.

Spot Image a été créée en 1982, par le CNES (Centre National des Etudes Spatiales), en collaboration avec la Belgique et la Suède afin de gérer l'exploitation commerciale des informations géographiques issues de ses satellites SPOT (Satellite Probatoire d'Observation de la Terre). (**SAAD, 2009**)

Ces satellites sont placés sur une orbite polaire, circulaire, héliosynchrone et phrasée par rapport à la Terre. L'orbite polaire permet de survoler tous les points de la Terre, étant donné que celle-ci est en rotation autour de l'axe des pôles. Le cycle (durée pour revenir au même point) est de 26 jours. (**SAAD, 2009**)

L'orbite est circulaire, c'est-à-dire à une altitude constante, de façon à pouvoir comparer les images. L'altitude est de 822 km, avec une inclinaison de 98° (orbite quasi-polaire). Une révolution dure 101,4 minutes, il y a 369 révolutions durant le cycle des 26 jours. La distance à l'équateur entre deux traces au sol consécutives (obtenues par deux révolutions consécutives) est de 2823 km(**SAAD, 2009**)

SPOT est utile pour les applications qui requièrent une excellente résolution spatiale (comme la cartographie urbaine et combine également les avantages d'un coût abordable et de pouvoir acquérir des données satellites au moment idéal. Les images SPOT trouvent plusieurs applications dans des domaines qui nécessitent des images fréquentes, tels que la foresterie, l'océanographie et l'agriculture. (**SAAD, 2009**)

Le système SPOT peut donc observer le sol avec une très forte résolution spatiale de l'ordre de 20m en format XS et 10m en format panchromatique. Il observe la même scène dans trois bandes spectrales **XS1 (0.5-0.59 μ m)**, **XS2 (0.6-0.68 μ m)**, **XS3 (0.79-0.89 μ m)** et une bande panchromatique **(0.5 -0.73 μ m)**. (SAAD, 2009)

2.2.1.2. Le satellite SPOT 5

Dernier né de la génération des satellites SPOT, SPOT 5 a été lancé le 4 mai 2002 de la base spatiale de Kourou. Il diffère des précédents satellites SPOT par une meilleure résolution (de 10 m) de prise de vue des capteurs haute résolution visible et proche infra rouge. (SAAD, 2009)

Les bandes spectrales sont identiques, mais la résolution spatiale est meilleure (10 m) dans les trois bandes B1, B2 et B3.

L'instrument **Végétation** est identique à celui de SPOT 4.

L'instrument **HRS** offre une visée simultanée 20° vers l'avant du satellite et 20° vers l'arrière, dans une bande spectrale panchromatique, ce qui permet de réaliser des couples réoscopiques.

Tableau 7.Caractéristiques des instruments (SAAD, 2009)

Instrument	Bandes spectrales	Résolution spatiale	Fauchée
HRG	P : 0,48 à 0,71 μ m	5 m	60 km
	B1 : 0,50 à 0,59 μ m	10 m	60 km
	B2 : 0,61 à 0,68 μ m	10 m	60 km
	B3 : 0,78 à 0,89 μ m	10 m	60 km
	B4 : 1,58 à 1,75 μ m	20 m	60 km
Végétation	B1 : 0,50 à 0,59 μ m	1 km	2200 km
	B2 : 0,61 à 0,68 μ m	1 km	2200 km
	B3 : 0,78 à 0,89 μ m	1 km	2200 km
	B4 : 1,58 à 1,75 μ m	1 km	2200 km
HRS	P : 0,48 à 0,71 μ m	10 m	120 km

Les instruments de prise de vue possèdent une particularité qui permet d'obtenir une image à très haute résolution. A partir des canaux panchromatiques à 5m, équipés d'une double ligne de détecteurs de 12000 photodiodes juxtaposées et décalées, on acquiert deux images à 5m simultanément. Les données recueillies reçoivent ensuite au sol un traitement complexe (entrelacement, interpolation, fusion) qui aboutit à restituer une image de 2,5 m de résolution. (SAAD, 2009)

Cette nouvelle capacité ouvre des perspectives notamment dans le domaine urbain, l'agriculture de précision, reconnaissance

2.2.2. Suivi radiométrie des objets sur l'image SPOT

En utilisant le logiciel *PCSATWIN*, pour extraire le compte numérique des trois canaux de SPOT. Le logiciel conçu est constitué de plusieurs rubriques dont chacune répond à un objectif.



Figure 22. Présentation du logiciel

Compte numérique : l'image est une représentation d'une scène, formée par contact entre les rayons de la lumière provenant des objets de la scène et un capteur. La réalité d'une image se traduit par un ensemble de points auquel est affectée grandeur physique (luminance, couleur.....). Cet ensemble peut être continu (image analogique) ou discret (image digital). En terme mathématique, une image peut être représentée par une fonction à plusieurs variables spatiales $I(x)$ dit fonction image. Dans le cas de luminance, $I(x)$ est une fonction de $\mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$.
Pour une fonction analogue ou de $\mathbb{N}^2 \rightarrow \mathbb{N}$ pour une image digital.

Dans cette image nous avons pris quelques points d'appui pour réaliser un suivi de la radiométrie extrait des images satellites multispéctraux. Nous avons basé sur huit points (Annexe 8) :

- P1 (station 13) : se trouve dans la partie centre de la baie d'Alger (oued el Harrach)
- P2 (station 14) : Kaa sour
- P3 (station 5) : kitanée
- P4 (station 4) : pins maritimes
- P5 (station 1) : bateau cassé
- P6 (station 20) : El kaddous
- P7 (station 11) : méditerranée
- P8 (station 19) : tamaris

Figure 23. Représenté les points choisi

En utilisant le logiciel *PCSATWIN*, pour extraire le compte numérique pour les trois canaux de spot. Les principaux comptes numériques représentant notre zone sont donnés dans le tableau (annexe 8).

2.2.3. Analyse de la variation du compte numérique avec la profondeur (z) et sa distance par rapport à la cote (Annexe 9)

La baie d'Alger est caractérisée par une hétérogénéité radiométrique. Nous avons tracé quatre radiales et pour chacune des mesures radiométrique (CN), bathymétrique (Z) et la distance par rapport à la côte (d).

Nous nous intéressons dans cette partie à suivre la variation du compte numérique en fonction de la profondeur et la distance par rapport à la cote ; des stations qui ont une MES élevé dans les différents canaux du satellite SPOT.

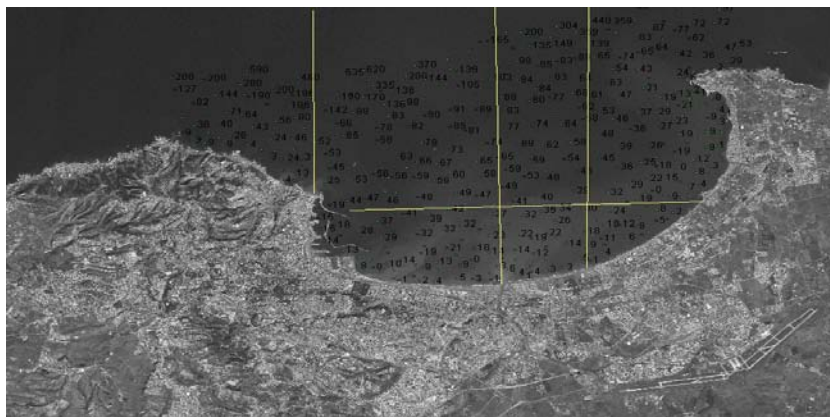


Figure 24. Carte bathymétrique avec les différentes radiales

2.3. Traitement statistique :

2.3.1. Analyse exploratoire des données

Le but de cette analyse est d'apprécier la distribution des données dans l'espace, d'appréhender leur degré d'homogénéité, de rechercher et de visualiser les observations. Ainsi que pour étudier l'évolution temporelle des paramètres mesurés dans le littoral. Dans le présent travail nous allons parcourir brièvement les plus utilisées.

2.3.1. 1. Analyse descriptive uni variée

On a opté pour les paramètres de position et les paramètres de dispersion ; ils constituent un ensemble de valeurs caractéristiques qui permettent une représentation de l'information contenue dans la série statistique.

Les paramètres de position d'une série statistique de N mesures de X_i sont principalement :

- la moyenne arithmétique « m » :
$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$
- la valeur minimale (min) et la valeur maximale (max).

Les mesures de dispersion sont :

- la variance « s^2 » :
$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - m)^2$$
- L'écart type « σ », la racine carrée de la variance.

La forme des distributions des mesures est indiqués généralement par le coefficient de variation « CV » : $CV = (\sigma / m) \times 100$. Le coefficient CV est sans dimension. Cet indice nous permet de comparer entre des variables de nature différente

2.3.2. Analyse descriptive bivariée

Il consiste à déterminer s'il existe une liaison ou une corrélation entre deux phénomènes, ce qui revient à caractériser leur degré de dépendance par un coefficient numérique indépendant des unités de mesure, appelé coefficient de corrélation « r ». (Schwartz, 1969)

Avec :
$$r = \frac{C_{(X,Y)}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Où $C_{(X,Y)}$ est la covariance entre les deux variables :
$$C_{(X,Y)} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1, j=1}^N (X_i - m_x)(Y_i - m_y)$$

Les valeurs du coefficient de corrélation extrême sont (-1 et 1), les mesures sont positivement corrélées si les deux variables augmente de manière simultanée, et négativement corrélées lorsque une variable augment alors que l'autre diminue. Lorsque deux variables sont indépendantes leurs corrélations sont nulles.

2.3.3. Analyse descriptive multi variée

L'objectif des méthodes d'analyse multi variée vise à résumer aux mieux la structure complexe et peu accessible, contenu dans un (ou plusieurs) tableau (x) de données. L'une des solutions à ce problème est l'Analyse des composantes principales (ACP), méthode qui a l'avantage de résumer un ensemble de variables corrélées en un nombre réduit de facteurs non corrélés.

Brièvement, cette méthode permet de :

- réduire la dimension des données, c'est-à-dire trouver les quelques variables qui expliquent la plus grande variance du nuage de points représentant toutes les variables étudiées,
- classifier, c'est-à-dire identifier les groupes de variables qui se ressemblent ;
- analyser les relations qui existent entre les différentes variables.

Pour notre étude, les données récoltées ont été réunies de façon classique dans un tableau à double entrée avec en variables les paramètres mesurés et en observations les différentes stations.

Le tableau de données $n \times p$ forme de nuage de n points dans un espace de p dimensions, ou un nuage de p points dans un espace de n dimensions. L'ACP consiste à projeter les points sur un plan à s dimensions choisi d'une façon à optimiser un certain critère.

Intuitivement, on cherchera les sous-espaces donnant les meilleures visualisations possibles de notre nuage de points. Un bon choix consiste à rechercher la plus grande dispersion possible des projections dans le sous-espace choisi.

On est amené aussi à chercher une rotation de notre système d'axe initial (les variables) permettant de mieux voir notre nuage. Le premier axe représente le premier axe factoriel, à la direction de plus grande variance de nuage de point. Le deuxième axe est orthogonal au premier selon la direction de la deuxième plus grande variance. La projection de tous les points de nuage dans le plan des deux premières composantes présente alors une image en plan par laquelle il est possible de dégager des groupes de points proches les uns des autres (Marcotte, 2001).

L'ACP est fondée sur le calcul des vecteurs propres de la matrice de covariance des variables, mais l'ACP de la matrice de corrélation est la méthode la plus courante ; l'avantage de cette approche est que, les variables ne possèdent plus d'unité, les résultats sont indépendants des unités originales choisies pour mesurer les variables.

Les analyses multi variées ont été réalisées à l'aide du logiciel < Statistica 6 >

2.3.4. Statistiques inférentielles

2.3.4.1. Test de Student

Le test de Student est un test paramétrique pour la comparaison entre les moyennes de deux échantillons statistiques, dans tous les cas, un test d'hypothèse suit une succession d'étapes définies: énoncé des hypothèses nulle et alternative ; calcul d'une variable de décision - la statistique (S) - correspondant à une fonction des observations; et enfin la comparaison et décision; la comparaison est fait entre S calculé et une valeur S théorique lu à partir de la table de Student

2.3.4.2. Analyse de variance

L'analyse de variance à pour objectif la comparaison entre plusieurs moyennes, elle consiste à tester l'égalité entre n moyennes. La démarche suivie est représentée par les étapes suivantes:

- Hypothèse : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$.
- La statistique du test : noté F, les différents calculs effectués sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 8. Calcul de la statistique du test dans l'analyse de variance.

Source des variations	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F Calculé
Inter groupe	α^2	K-1	$\alpha^2/K-1$	$(\alpha^2/K-1) / (\beta^2/N-k)$
Intra groupe	β^2	N-k	$\beta^2/N-k$	
Total	Somme	N-1		

Avec :

α^2 : Somme des carrés des différences entre la moyenne de chaque groupe et la moyenne générale (variabilité intergroupe) ;

β^2 : Somme des carrés des différences entre les scores de chaque sujet et la moyenne de son groupe ;

N : Somme des effectifs (variabilité intragroupe);

K : Nombre des variables ;

Moyennes des carrées : Somme des carrés divisés par ddl; pour la variabilité inter et intragroupe

F= Variance intergroupe / variance intragroupe: Rapport de la variabilité inter sur la variabilité intra, variabilité intergroupe est due au effet de traitement, la variabilité intragroupe c'est le terme d'erreur.

— **Comparaison et décision** : la valeur de F obtenu est comparé par rapport à une valeur théorique, lu de la table de la loi de Fisher.

Chapitre 3 : Résultat et discussion

Quatre études essentielles font l'objet de ce chapitre, à savoir

L'étude bactériologique.

L'étude Physicochimique.

L'étude spectrale et télédétection

L'étude multivariée

1. Etude bactériologique

Le but de cette partie est d'évaluer le degré de la contamination microbienne des eaux du littoral algérois, à travers des analyses d'eaux de mer prélevées au niveau de certaines stations (étude prospective), et d'autre part en procédant à une étude rétrospective. Les résultats de l'interpolation sont donnés sous formes de cartes indicatrices de la distribution spatiales des paramètres étudiés.

1.1. Estimation des germes tests

L'estimation des germes sont représentées dans l'annexe 6

1.1.1 Coliformes totaux (CT):

Les résultats des analyses indiquent que le nombre des coliformes totaux dépasse la valeur guide (500CT/100ml) pour tous les prélèvements à l'exception de la station 19 et 20.

Par comparaison avec les normes impératives (10000CT/100ml) les valeurs trouvées sont supérieures à l'exception du (franco, kittanée, Fayette, jumelle, palm beach, azur plage, Surcouf, El Kaddous)

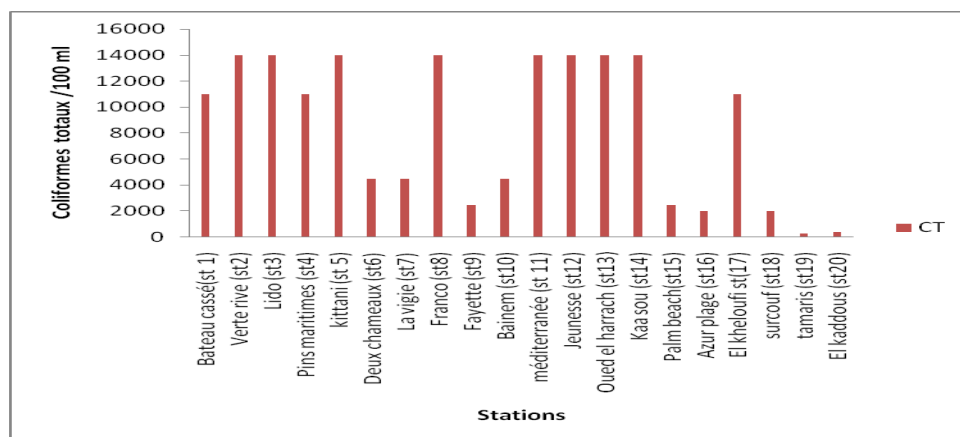


Figure 24. Variation des concentrations moyennes des coliformes totaux CT en fonction des stations

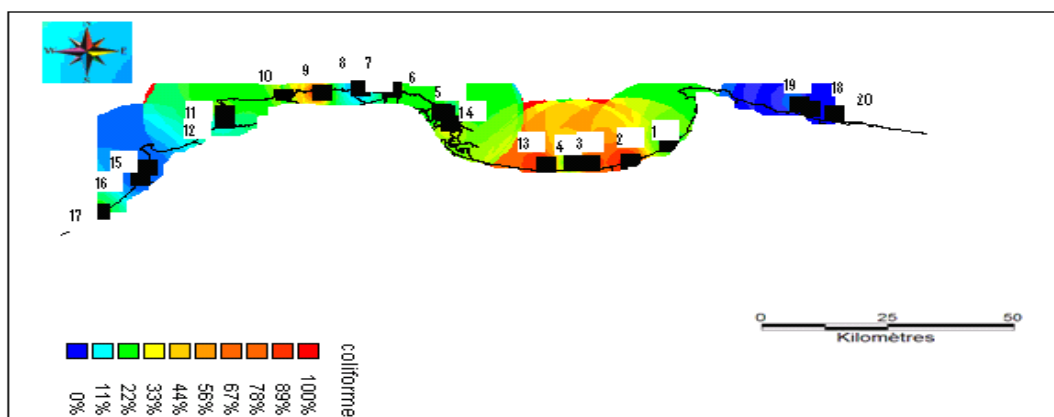


Figure 25. Répartition spatiale des coliformes totaux dans la zone d'étude

1.1.2. Coliformes fécaux (CF):

Les concentrations moyennes en coliformes fécaux sont moins importantes que celles des coliformes totaux et cela est très logique car les coliformes fécaux font partie de coliformes totaux. Selon les normes qui sont 100CF/100ml pour les normes guide et de 2000CF/100ml pour les normes impérative, toutes les stations présentent une charge bactériennes qui dépassent les valeurs guides à l'exception de la station 19 et 20 où on enregistre respectivement 70 germes/100ml, 90 germes/100ml.

Les stations 6, 7, 11 et 18 présentent respectivement des charges de 1500 germe/100ml, 300 germes/100ml, 140 germes /100ml et 350germes/100ml et, elles sont comprises entre valeur guide et limite, de ce fait elles ne présentent pas un danger pour la santé publique, pour les autres stations on note que le nombre des coliformes reste toujours supérieur aux valeurs impératives.

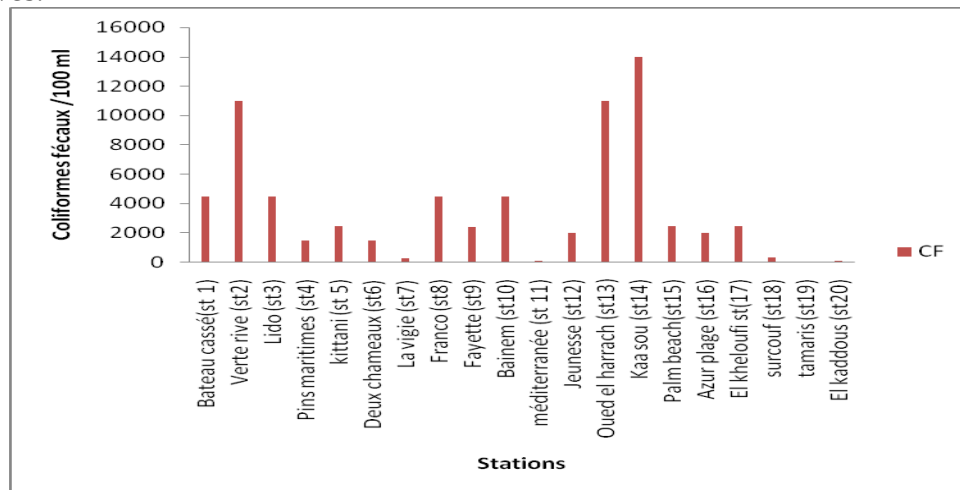


Figure 26. Variation des concentrations moyennes des coliformes fécaux CF en fonction des stations

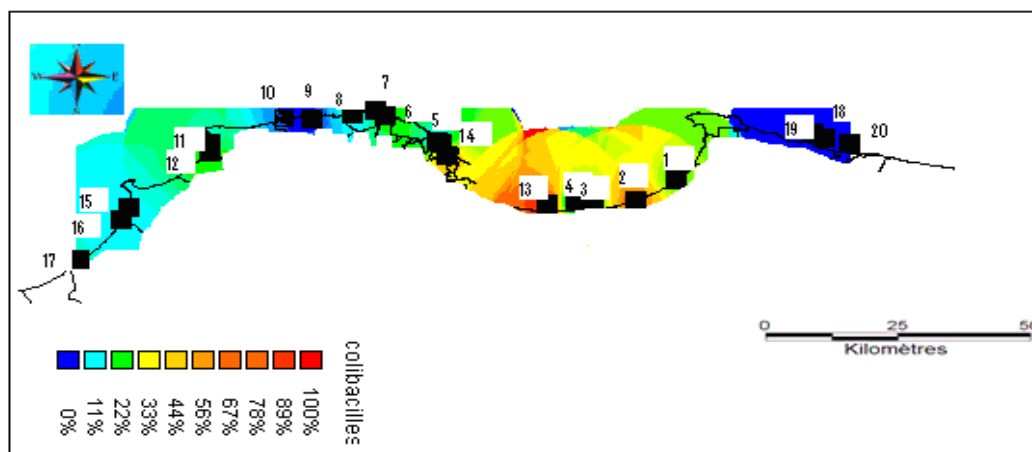


Figure 27. Répartition spatiale des coliformes fécaux dans la zone d'étude

1.1.3. Enterocoques (SF):

Les SF sont témoins de la pollution fécale. Les streptocoques fécaux résistent dans le milieu marin grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleur

adaptation par rapport aux autres germes indicateurs .Les concentrations des SF dans les stations (franco, tamaris, Surcouf, bateau cassé et el Kaddous) sont en dessous des normes de salubrité qui sont de 100SF/100 ml, donc leurs eaux sont de qualité bactériologique satisfaisante; par contre les taux des SF enregistrés au niveau des autres stations sont nettement supérieurs au normes guides.

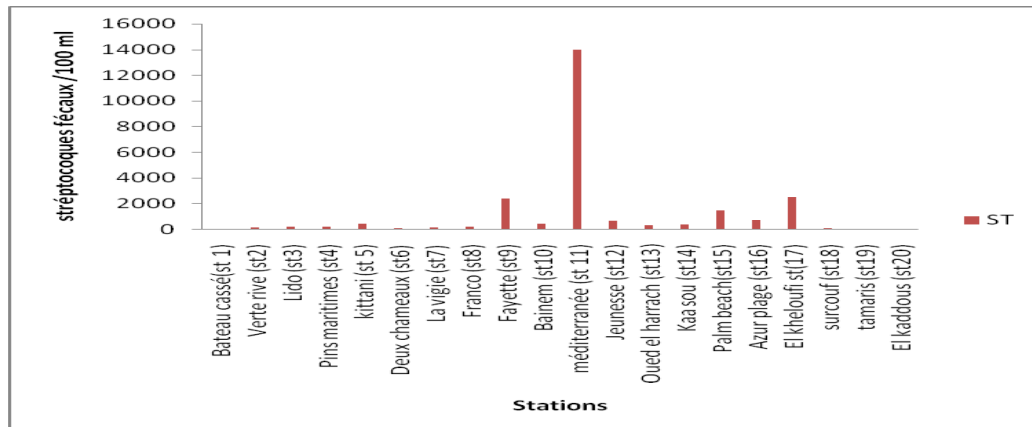


Figure 28. Variation des concentrations moyennes des streptocoques fécaux SF en fonction des stations

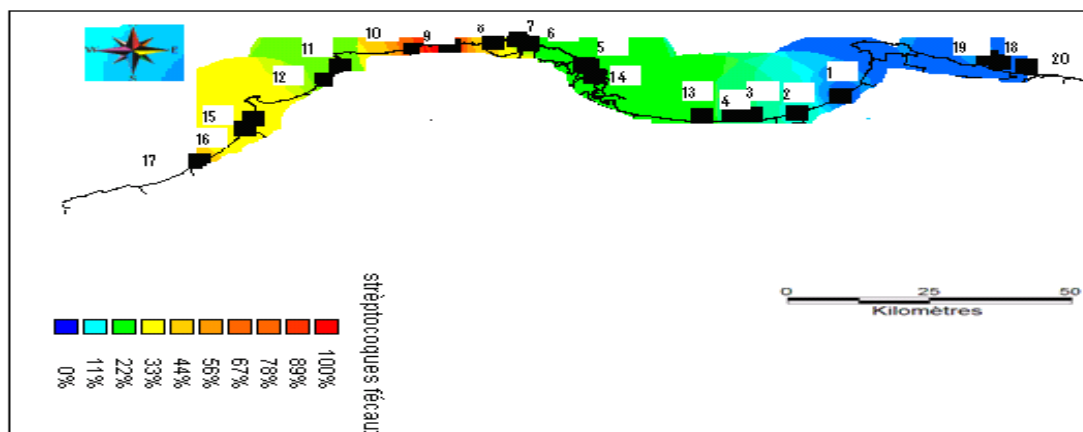


Figure 29. Répartition spatiale des streptocoques fécaux dans la zone d'étude

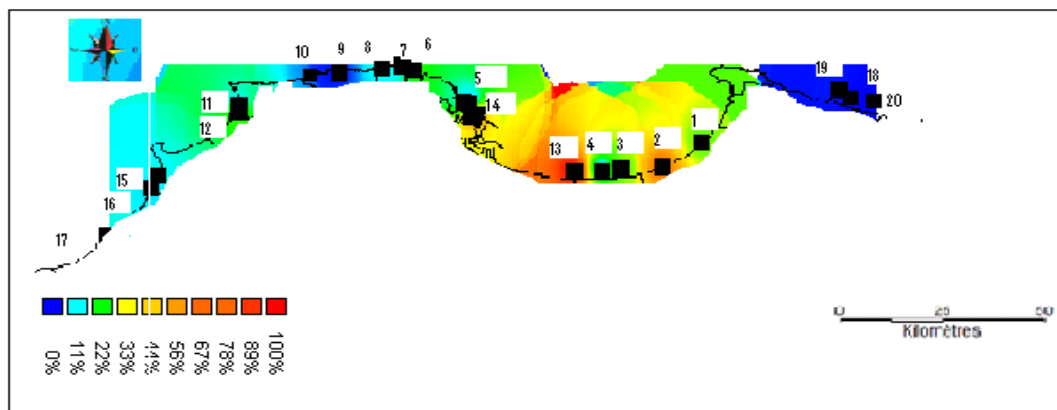


Figure30. Superposition des trois variables (CT, CF et SF)

Cette figure représente les trois variables, les coliformes totaux, coliforme fécaux et les streptocoques en même temps, il s'agit de la superposition des trois couches d'information qui constitue le fondement de base de **SIG**.

La visualisation de cette carte nous renseigne sur une distribution hétérogène des trois germes entre l'est, le Centre et l'Ouest. Par ailleurs, on constate une concentration importante au niveau du centre, et l'ouest du littoral car elles reçoivent les plus gros émissaires d'égouts.

Cette augmentation peut être expliquée par l'intensité des rejets des unités industrielles implantées au tour de El-Harrach (déchets, huiles, acides, etc...) sans oublier l'activité portuaire.

1.2. Origine de la pollution bactérienne des plages étudiées

Tableau 9. Origine de la pollution

stations	PLAGE	Coliformes Fécaux (CF)	Streptocoques Fécaux(ST)	CF/SF	Source de pollution
1	Bateau cassée	4500	40	112,5	Exclusivement humaine
2	Verte rive	11000	150	73,33333	Source exclusivement humaine
3	Pins maritimes	4500	200	22,5	Source exclusivement humaine
4	Lido	1500	200	7,5	Source exclusivement humaine
5	Dos de chameaux	2500	450	5,555556	Source exclusivement humaine
6	Franco	1500	90	16,66667	Source exclusivement humaine
7	kittanée	300	150	2	Mixte à prédominance humaine
8	La vigie	4500	200	22,5	Source exclusivement humaine
9	Fayette	2400	2400	1	Mixte à prédominance animale
10	Junesse	4500	450	10	Source exclusivement humaine
11	Bainem	140	14000	0,01	Principalement ou entièrement d'origine animale
12	méditerranée	2000	650	3,076923	Mixte à prédominance humaine
13	Kaa sour	11000	300	36,66667	Source exclusivement humaine
14	El Harrach	14000	400	35	Source exclusivement humaine
15	Palm beach	2500	1500	1,666667	Origine incertaine
16	Azur plage	2000	750	2,666667	Mixte à prédominance humaine
17	El kheloufi	2500	2500	1	Mixte à prédominance animale
18	surcouf	350	60	5,833333	Source exclusivement humaine
19	tamaris	70	30	2,333333	Mixte à prédominance humaine
20	El Kaddous	90	40	2,25	Mixte à prédominance humaine

Le rapport CF/SF indicateur de l'origine de la pollution a permis de souligner la contamination exclusivement urbaine d'origine humaine (rapport >4) pour la moitié des prélèvements. Pour les autres stations, le rapport indique l'origine soit mixte ($1 < \text{CF/SF} < 2$), soit animale ($\text{CF/SF} < 0,7$) ou à prédominance humaine ($2 < \text{CF/SF} < 4$).

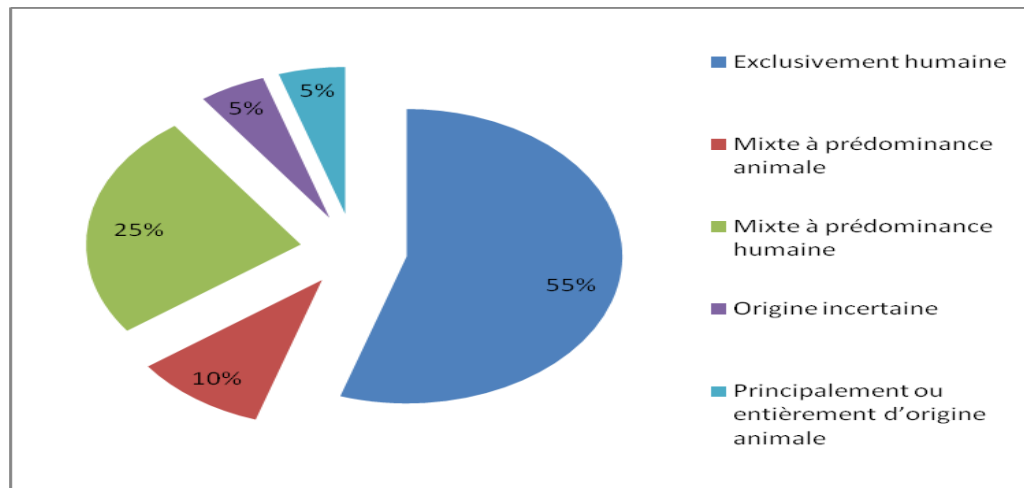
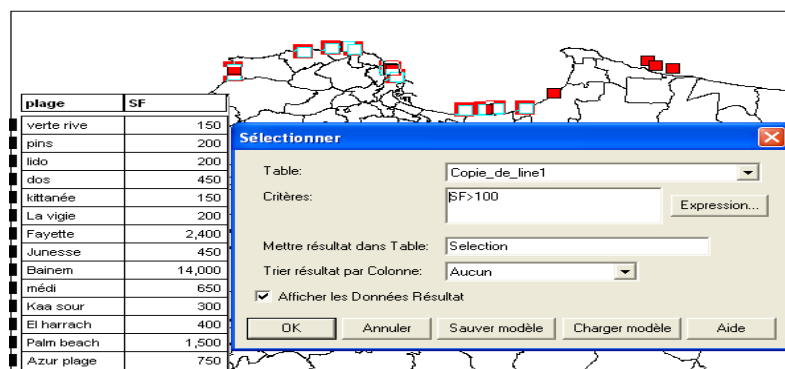


Figure 31. Origine de la pollution bactérienne des plages étudiées

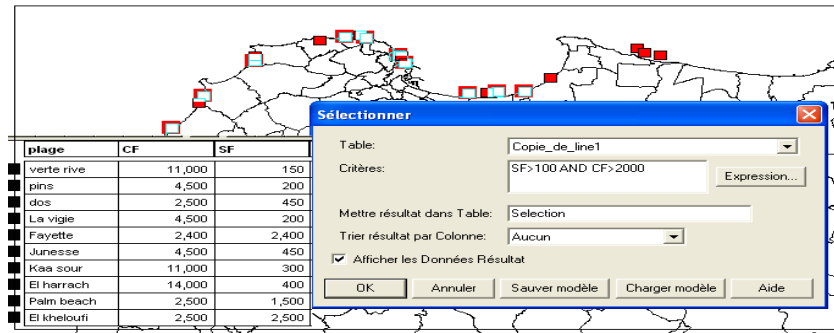
1.3. Comparaison avec les normes

Pour faire une comparaison entre les valeurs trouvées des germes et les concentrations normales, nous effectuons des requêtes simples.

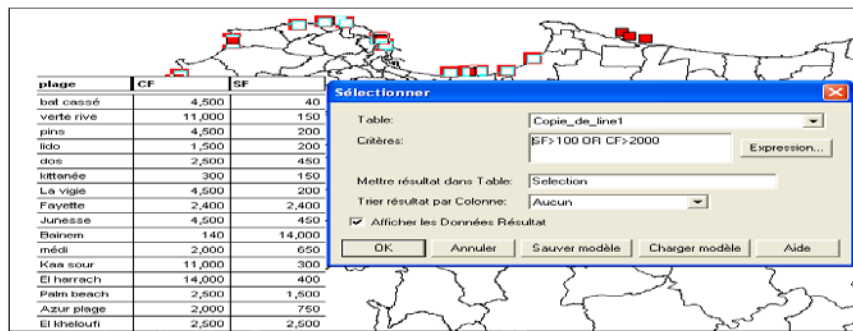
On prend par exemple les *Streptocoques Fécaux*, dont la norme (la valeur guide) est égale à 100 germes/ 100 ml, pour faire sortir les stations contaminées, on applique une sélection simple. La figure suivante montre l'opération et le résultat obtenus.



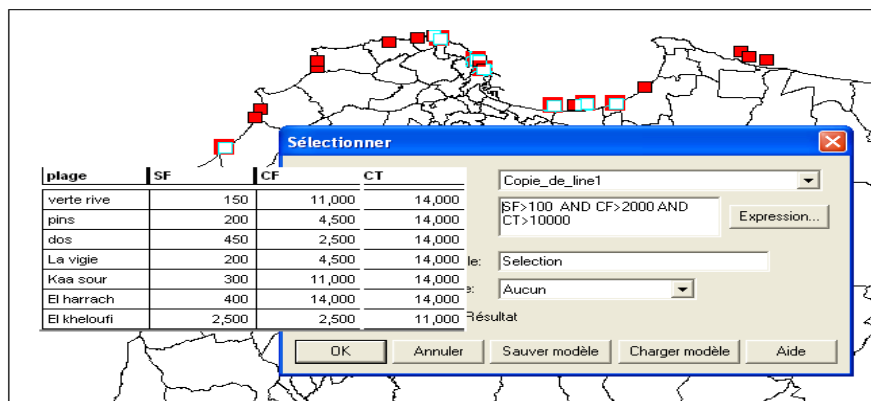
Les requêtes nous permettent encore de poser certaines conditions quant à l'affichage des résultats, en utilisant les clauses « AND » et « OR ». Par exemple on peut sélectionner, en même temps, les plages contaminées par le SF et par le CF, le critère s'écrit comme suit : "SF > 100 and CF > 2000". La fenêtre suivante explique cette opération:



Alors que, pour sélectionner les plages contaminées par le SF ou le CF on utilise la condition "or" et le critère s'écrit **"SF>100 OR CF>2000"**



Ainsi, pour faire sortir les plages contaminées par les trois germes, on utilise la condition "AND", et le critère s'écrit **"SF>100 and CF>2000 and CT>10000"**.



- Lorsque les concentrations sont inférieures ou égales aux valeurs guides, l'eau est de bonne qualité bactériologique (BQB)
- Lorsque les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites, l'eau est de qualité acceptable (QBA)
- Lorsque les concentrations sont supérieures aux valeurs limites, l'eau est de mauvaise qualité (MQB)

Tableau 10. Classification de la qualité bactériologique des eaux analysées selon les normes

station	Nombres de germes CT /100 ml	Nombres de germes CF /100 ml	Nombres de germes STF /100 ml	Qualité des eaux
1	11000	4500	40	(MQB)
2	14000	11000	150	(MQB)
3	11000	1500	200	(MQB)
4	14000	4500	200	(MQB)
5	4500	300	150	(MQB)
6	14000	2500	450	(MQB)
7	14000	4500	200	(MQB)
8	4500	2500	90	(MQB)
9	2500	2400	2400	(MQB)
10	14000	140	14000	(MQB)
11	14000	2000	650	(MQB)
12	4500	4500	450	(MQB)
13	14000	14000	400	(MQB)
14	14000	11000	300	(MQB)
15	2500	2500	1500	(MQB)
16	2000	2000	750	(MQB)
17	11000	2500	2500	(MQB)
18	2000	350	60	(BQB)
19	300	70	30	(BQB)
20	400	90	40	(BQB)
Valeur guide	500	100	100	
Valeur limite	10000	2000	-	

Le tableau de classification de la qualité bactériologique des eaux analysées par stations montre une dominance des stations de mauvaise qualité par rapport aux stations de bonne qualité. Ces dernières concernent particulièrement les stations de l'extrême Est du littoral notamment les stations 18, 19 et 20.

Un taux élevés de coliformes totaux et fécaux et de streptocoques fécaux a été enregistré au niveau de 17 stations.

La dégradation de la qualité de l'eau est principalement due :

1-Présence d'embouchures d'oueds et même de véritables réceptacles de rejets d'eau usée domestiques et industrielles

2-Le déversement direct en mer des rejets sans traitement. Cela constitue des sources potentielles de dégradation et d'altération des eaux du littoral
Pour illustrer nous présentons des différentes photos dans les lieux d'échantillonnage.



Figure 32. Rejet directe des déchets solides (Bateau cassé)



Figure 33. Rejet directe des déchets solides a la station 2 (Verte rive)



Figure 34. Déversement des eaux usées dans la station 10 (Bainem)

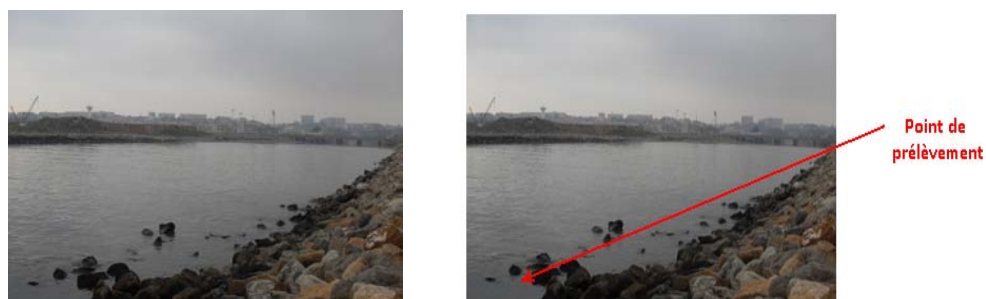


Figure 35. Embouchure d'oued El Harrach



Figure 35. Déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune d'El kasbah, dans la station 14 (Kaa Essour)



Figure 36. Déchets solides (Kaa Essour)



Figure 37. Déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune de Hamamates dans la station 9 (la fayette).



Figure 38. Déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune de bab el oued, dans la station 5 (Kitani)



Figure 39. Déversement d'un collecteur d'eau usée de la commune boudoulienne dans la station 6 (deux châteaux)

1.4. Etude rétrospective :

1.4.1. Fiabilité des données analytiques :

Avant d'entamer notre étude, nous nous sommes tout d'abord rassurées de la fiabilité des données, c'est-à-dire, vérifié que l'ensemble des résultats soit adéquat aux normes de salubrité. Pour cela il a fallu rassembler séparément pour les deux années, les plages de bonne qualité bactérienne (BQB), de qualité bactérienne acceptable (QBA), et celles de mauvaise qualité bactérienne (MQB), puis effectuer sur l'ensemble le test ANOVA (**Annexe 5**) à partir du logiciel *Statistica* Version n°5. La variable dépendante correspond aux paramètres biologiques (CT, CF, SF) et la variable indépendante est conforme à la qualité bactériologique.

Hypothèses :

H0 : $\mu_{BQB} = \mu_{QBA} = \mu_{MQB}$; dans les trois conditions les moyennes de la population parente sont égales.

H1 : $\mu_{BQB} \neq \mu_{QBA} \neq \mu_{MQB}$; les trois moyennes ne sont pas toutes égales.

Concernant les deux années le test révèle, pour les trois types de germes, que le niveau p est inférieur à $\alpha=0.05$, par conséquent les hypothèses sont pour : **H0** rejetée et **H1** retenue. On constate alors qu'il existe au moins une différence significative entre les moyennes (Annexe5).

A la suite de cette conclusion on a procédé au test de Scheffer afin de déterminer la ou les moyennes responsables du rejet de l'hypothèse nulle

-Pour l'année 2006, le groupe des Coliformes totaux présente des moyennes différentes pour les trois qualités, dont celle des MQB qui affiche la valeur la plus élevée. Concernant les deux autres groupes (CT et CF), il existe deux différences significatives, et la moyenne responsable du rejet représente les plages de mauvaise qualité bactérienne

-Les Coliformes totaux et fécaux pour l'année 2007, manifeste des moyennes statistiquement différentes pour les trois types de la qualité bactérienne avec un nombre de germes élevés décerné aux eaux de mauvaise qualité. Celle ci représente pour les Streptocoques fécaux la moyenne responsable du rejet de l'hypothèse nulle.

A l'issue de ce test, nous constatons que les résultats obtenus pour les deux années se réfèrent plus ou moins aux normes, puisque à l'évidence les moyennes correspondantes aux

BQB devaient être inférieure à celles des QBA qui à leurs tour résident moindres à celles des MQB.

1.4.2. Comparaison de la qualité bactériologique des eaux de mer entre les secteurs Est, Centre et Ouest :

Pour les deux années, nous avons regroupé séparément les résultats de l'analyse bactériologique appartenant aux trois secteurs. L'ensemble des résultats est traité par test ANOVA sur Excel. Ce dernier nous a permis de définir la différence potentielle entre les moyennes des germes par rapport aux secteurs est, ouest et centre de la zone côtière algéroise.

Dans ce cas, la variable dépendante correspond aux types de germes (CT, CF, SF) et la variable indépendante aux secteurs (est, centre, ouest).

Hypothèses :

H0 : $\mu_{\text{est}} = \mu_{\text{centre}} = \mu_{\text{ouest}}$; pour les trois secteurs les moyennes de la population parente sont égales.

H1 : $\mu_{\text{est}} \neq \mu_{\text{centre}} \neq \mu_{\text{ouest}}$; les trois moyennes ne sont pas toutes égales.

. Résultats du test ANOVA pour l'année 2006

Le traitement statistique indique pour les trois groupes de germes, que le niveau p est inférieur à $\alpha = 0.05$, cela signifie que l'hypothèse nulle est rejetée et qu'il existe au moins une différence significative entre les moyennes. Le test de Student affiche pour les trois groupes des moyennes différentes au niveau des secteurs, dont les plus élevées sont rencontrées dans la partie centre de la côte.

. Résultats issus du test ANOVA pour l'année 2007 :

Pour les deux groupes de coliformes, le test révèle que le niveau p est inférieur à 0,05, donc l'hypothèse nulle est rejetée, à l'opposé des streptocoques fécaux dont les moyennes ne présentent pas de différence significative.

Le test de Student appliqué aux deux premiers groupes confirme la différence entre la moyenne du secteur Est avec celles du centre et de l'ouest, alors que ces derniers ne présentent statistiquement pas de différence entre leurs moyennes. On constate donc, que le taux de germes dans le littoral Est est largement élevé par rapport aux deux autres régions.

1.4.3. Illustration des résultats par graphiques:

L'interprétation des résultats par graphiques a d'avantage illustré l'état de contamination des trois régions par les germes tests de contamination fécale durant les deux années.

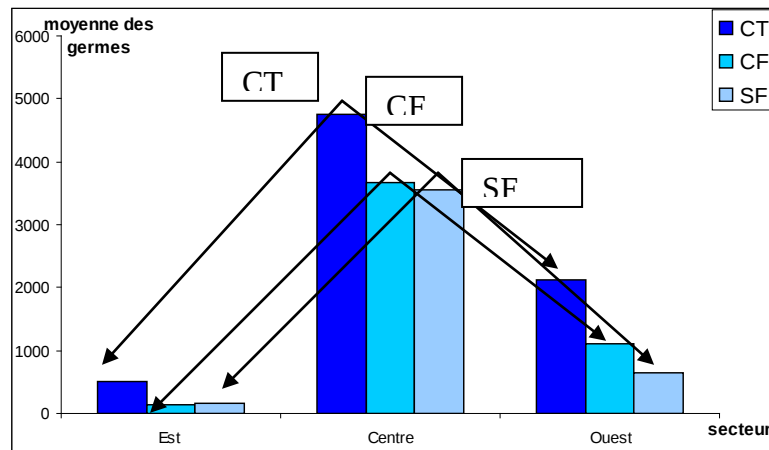


Figure 40. Représentation de l'évolution spatiale durant l'année 2006

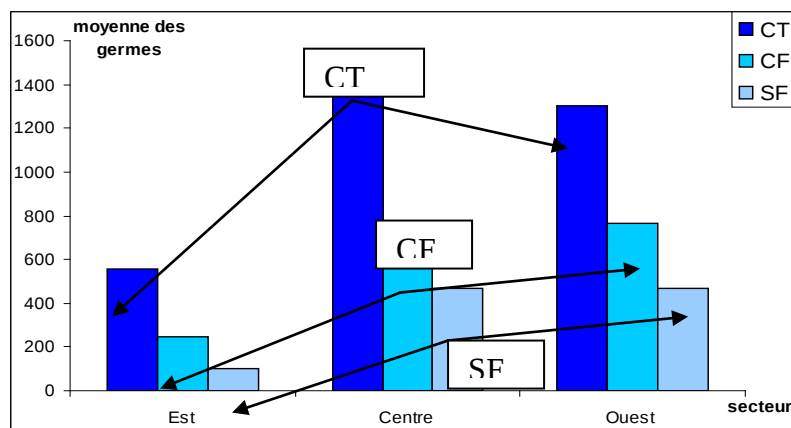


Figure 41. Représentation de l'évolution spatiale durant l'année 2007

Pour l'année 2006, nous remarquons que la qualité bactériologique des plages du centre est nettement inférieure à celle des plages est et ouest puisqu'elle présente des taux élevés en germes avec prédominance des coliformes totaux.

La répartition des concentrations en germes dans les trois secteurs durant l'année 2007 est relativement identique entre le centre et l'ouest.

D'après le test ANOVA et les graphiques, nous constatons que les plages appartenant à la zone côtière centre sont celles qui représentent le taux le plus élevé en microorganismes d'origine fécale, suivit par celles de l'ouest et de l'est. Plusieurs paramètres favorisent cette situation à savoir :

-L'absence de rejets d'eaux usées au niveau des plages Est. Il faut savoir que le lac de Reghaia constitue le réceptacle direct des eaux polluées de la région puisque la majorité des oueds traversant cette zone industrielle se déversent dans le lac empêchant ainsi la pollution d'atteindre les plages des communes Est du littoral algérois (Reghaia, Ain Taya et Heraoua)

-Le secteur ouest quant à lui, connaît une situation inverse puisque plusieurs oueds et égouts évacuent les eaux usées qu'ils reçoivent des régions avoisinantes directement en mer, et pour la plus part sans aucun traitement préalable entraînant ainsi des odeurs nauséabondes et une

détérioration de l'espace côtier et de la qualité des eaux de mer. Citons comme exemples les oueds : Mazafran, Sidi Mennif, Mahelma et le rejet principal de la plage "Camp de Tir" qui se déverse au niveau du littoral de la commune de Zeralda. La baie El Djamila constitue elle aussi un réceptacle des déversements d'oued Beni Messous et du port de plaisance de Sidi Fredj.

-La partie centre, représentée par la baie d'Alger est beaucoup plus affectée par la pollution puisqu'elle constitue le réservoir des déversements d'eaux usées domestiques et industrielles du grand Alger. La baie est alimentée par deux grands oueds El Harrach et El Hamiz, aux quels nous joignons les apports du port d'Alger qui connaît un trafic maritime important ainsi que de nombreux rejets d'eaux usées domestiques en provenance des communes de Hussein Dey, Bab El Oued et de Rais Hamidou.

Les travaux menés dans le cadre du METAP (Programme d'Assistance Technique pour la Protection de l'Environnement Méditerranéen) entre 1993 et 1994 ont considéré la baie d'Alger comme étant un site très pollué.

Il faudrait tout de même noter, que la partie est de la baie présente un état de pollution moins important comparé à celui de sa partie centre et ouest, cela est due d'une part à la présence des vents de secteur Nord Nord-Est dominant en période (avril- juillet), et d'autre part, à l'existence de courants. Selon Samson-Kechacha (1981) les eaux atlantiques constituant le courant algérien sont plaquées contre la côte en créant au niveau de Tamenfoust un tourbillon au centre de la baie. Ces deux paramètres contribuent au transfert et au déplacement des masses d'eaux de l'est vers le centre et la partie ouest de la baie.

1.4.3. Comparaison temporelle de la qualité bactériologique des eaux de mer entre 2006 et 2007:

Le test de Student, nous a permis l'examen du profit d'évolution de la qualité des eaux de mer entre l'année 2006 et 2007 sur quatre mois à travers les concentrations microbiennes. Les paramètres biologiques représentent la variable dépendante, et les années la variable indépendante.

Hypothèses :

H0 : $\mu_{2006} = \mu_{2007}$; pour les deux années les moyennes de la population parente sont égales.

H1 : $\mu_{2006} \neq \mu_{2007}$; les deux moyennes ne sont pas égales.

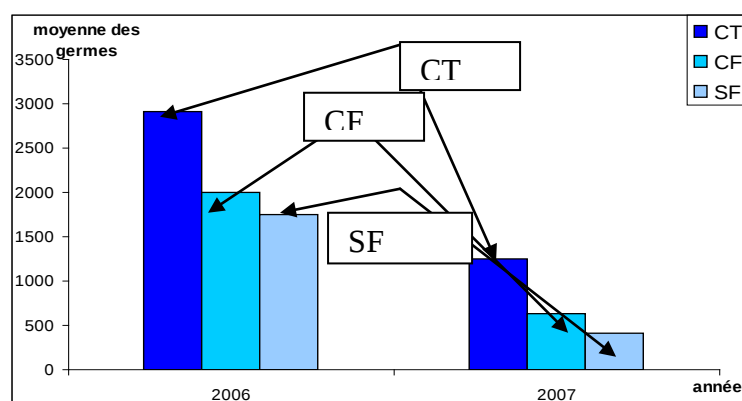


Figure 42. Représentation graphique de l'évolution annuelle

Le test de Student indique que l'hypothèse nulle est rejetée, donc il existe une différence significative entre les moyennes. Celles-ci, sont représentées par des histogrammes (figure 41) qui démontrent clairement que les valeurs les plus élevées en germes tests de contamination fécale (CT, CF, SF) sont rencontrées durant l'année 2006, alors qu'on observe une diminution nette en l'année qui suit. On constate par là une amélioration dans la qualité bactériologique des eaux durant l'année 2007

Pour notre étude, l'évolution entre 2006 et 2007 peut être expliquée par :

- L'installation de nouvelles stations d'épuration (exemple : la station de Ain Benian) ainsi que des stations de pompage réparties au niveau des communes littorales principalement du côté ouest de la zone côtière algéroise.
- Amélioration dans le traitement des eaux usées qui se déversent directement en mer, par l'installation de digues correspondant à un procédé de séparation par membrane qui utilise les propriétés de semi perméabilité (perméable à l'eau et à certaines solutés mais imperméable à toutes particules).
- Le programme de surveillance est respecté. Le nombre de prélèvements et d'analyses bactériologiques est plus élevé.

Conclusion :

L'analyse bactériologique de l'eau de mer vise à rechercher des espèces susceptibles d'être pathogènes et celles qui les accompagnent, qui sont en plus grand nombre, et indiquent une contamination d'origine fécale. La présence de ces germes dans le milieu marin est engendrée par les rejets d'eaux usées.

Les eaux de baignade n'étant fréquentées que les mois d'été, il est par conséquent plus utile et moins coûteux de pratiquer un plan de surveillance intensif des paramètres microbiologiques un peu avant et durant la période de baignade.

Les résultats des analyses montrent que pour des sites qui subissent un apport élevé en eaux usées domestiques et en bactéries fécales, les valeurs de CF sont généralement plus élevées que celles de SF. En effet, les matières fécales apportent plus de coliformes fécaux (CF) que de streptocoques fécaux (SF). Par contre, les sites qui ne subissent apparemment pas un apport en eaux usées domestiques, présentent des SF généralement plus élevés que CF. Or l'on sait que les SF sont plus résistantes que CF à l'eau marine et leur présence dans les eaux de surface d'un site pourrait donc aussi être associée à leur diffusion à partir d'autres sites. Ainsi, il nous semble que le niveau de SF des sites relativement très pauvres en CF constitue en quelque sorte le "bruit de fond" de la contamination fécale dans la région et ne peut donc pas être associé à un apport de type ponctuel.

Au niveau d'un site, les paramètres évoluent en fonction du mois et vraisemblablement aussi, du moins pour certains, en fonction du jour et même des heures. Ceci doit être pris en considération dans l'élaboration et l'implantation d'un plan de surveillance.

2. Etude des propriétés physico-chimique

L'estimation des paramètres physico-chimiques de l'eau mesurée in situ sont représentés dans l'annexe 6

2.1. Evaluation des paramètres physico-chimiques:

2.1.1. Variation de la salinité :

La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence avec la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme aux cotes. Les résultats obtenus indiquent que la salinité varie légèrement de 32,4 à 36.8.

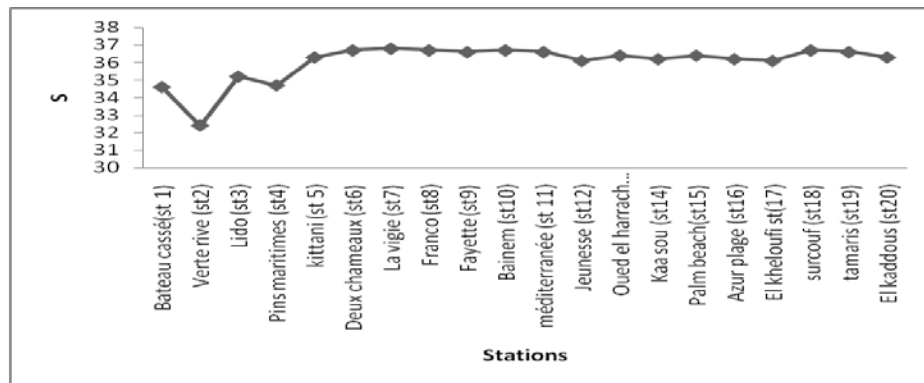


Figure 44 . Variation des valeurs moyennes de la salinité en fonction des stations

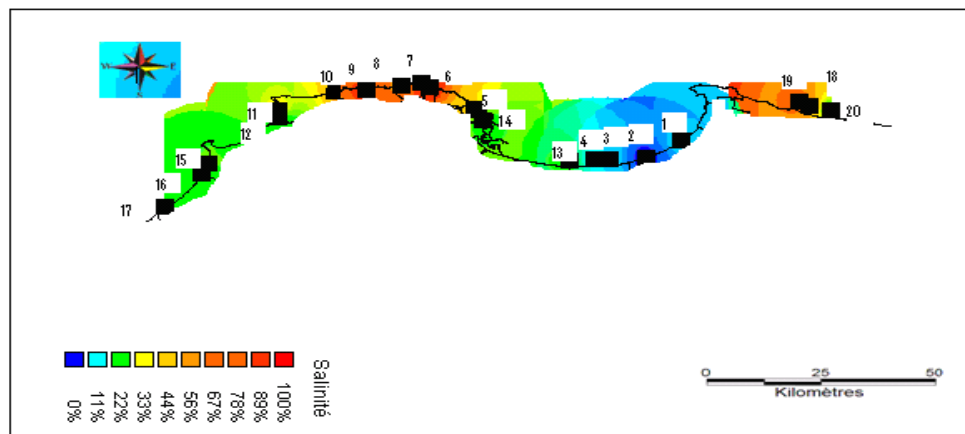


Figure 45. Variation spatiale de la salinité dans le littoral algérois

Les faibles taux de salinité enregistrés au niveau de la station de verte rive (32.4), bateau cassé (34.6) et pains maritime (34.7) sont dus aux débits important des eaux usées déversées), et les apports de l'oued El Harrach ont fait chutés les valeurs de salinité. Néanmoins, les résultats enregistrés aux niveaux des autres stations sont variés entre 35.2 et 36.7.

La salinité serait donc du type atlantique c'est-à-dire inférieur à 38 PSU.

2.1.2. Variation de la conductivité :

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature ; la mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.

Les résultats obtenus varient entre 32.4 mS/cm et 55.8mS/cm avec une moyenne de 52,825 mS/cm et un écart type 5,11837mS/cm. Les faibles teneurs sont enregistrés au niveau de station 1 (bateau cassé) dus aux débits important des eaux usées déversées.

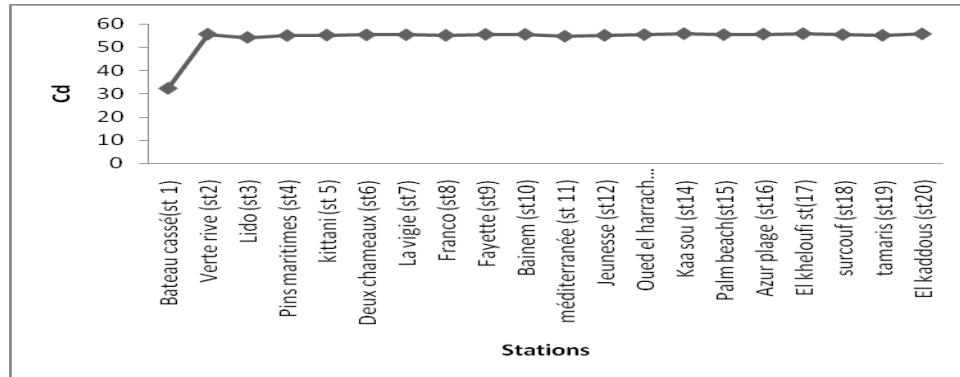


Figure 46. Variation des valeurs moyennes de la conductivité en fonction des stations

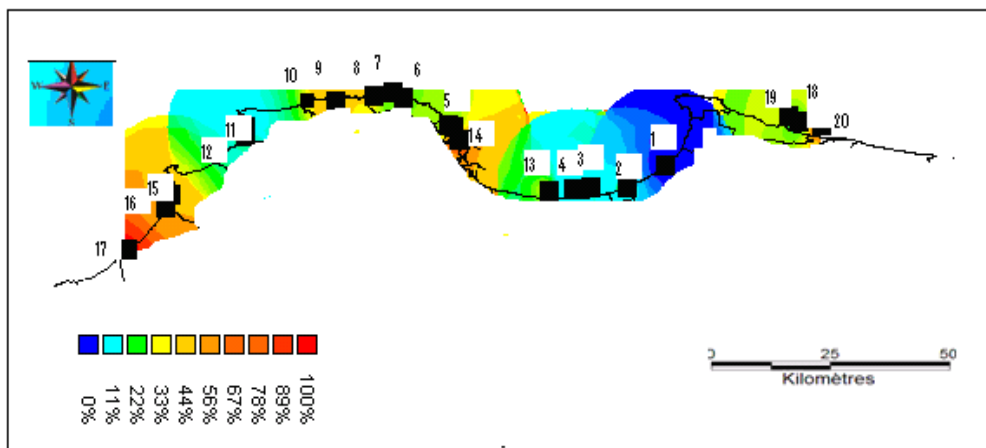


Figure 47. Variation spatiale de la conductivité dans le littoral algérois

Les deux graphes précédents présentent la même allure ce qui traduit une forte corrélation entre les deux paramètres (salinité, conductivité).

2.1.3. Variation du pH (potentiel d'hydrogène) :

Le pH est l'un des facteurs les plus importants qui influe sur l'activité biologique de la microflore des eaux. La grande majorité des microorganismes se développe dans une zone de 4,5-8,0 et les optima se situent entre 5,5 et 7,5.

La variation du pH est due probablement aux apports d'eaux continentales et aux rejets industriels, il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique, comme la poussée du phytoplancton (Copin-montégut, 1996).

En se référant aux résultats, on constate que tous les échantillons ont un pH basique compris entre 8,38 et 8,63. Ceci serait probablement dû à la nature de la charge des eaux de rejet d'une part, et à l'activité biologique des microorganismes d'autre part.

Le pH maximum est de 8,63 est représenté par la station 10 (bainem), tandis que le minimum est enregistré au niveau des stations 1, 13, 14 et 18.

De l'ensemble des données bibliographiques, il apparaît que les valeurs de potentiel hydrogène trouvées lors de nos prélèvements coïncident avec les normes.

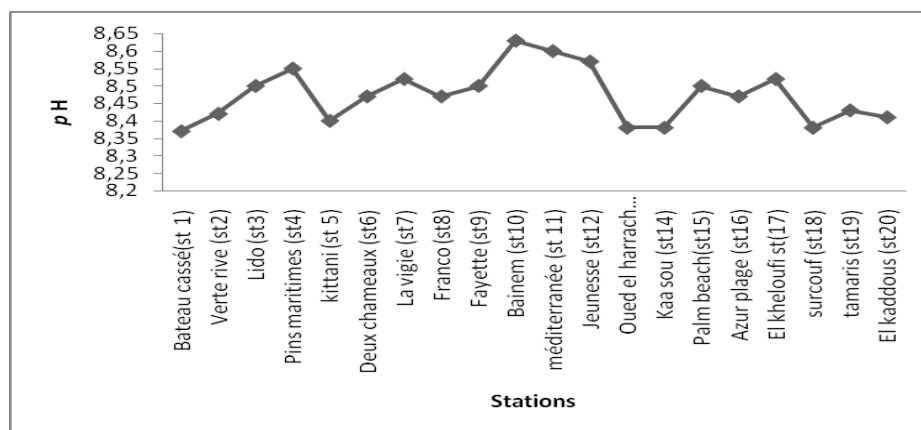


Figure 48. Variation des valeurs moyennes du pH en fonction des stations

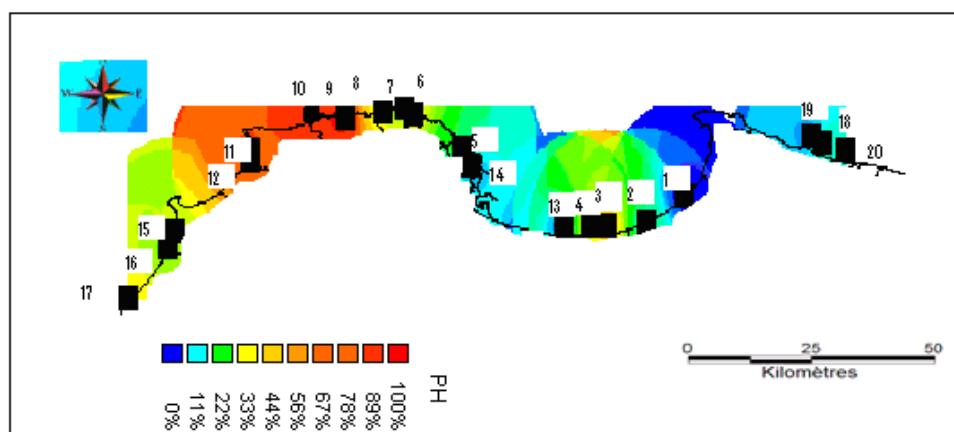


Figure 49. Variation spatiale du pH dans le littoral algérois

2.1.4. Variation de la matière en suspension :

Pour apprécier la qualité d'une eau, il est toujours nécessaire d'évaluer quantitativement sa charge en matière dissoute et particulaire. La distribution de MES dans l'eau de mer dépend essentiellement de l'oxygène dissous, PH, l'état de la mer, des courant et de l'agitation auquel vont dépendre aussi la sédimentation et le déplacement des MES.

Les résultats du calcul des matières en suspension (MES), montrent que les teneurs en MES varient entre 8 mg/l et 92g/l avec une moyenne de 25,2 mg/l et un écart type de 22,357mg/l.

Et les fortes teneurs sont enregistrées au niveau des stations 3, 14 et 13 ceci peut être dû aux eaux usées et à l'oued El-Harrach et à la mise en suspension des éléments fins par les houles vu les faibles profondeurs.

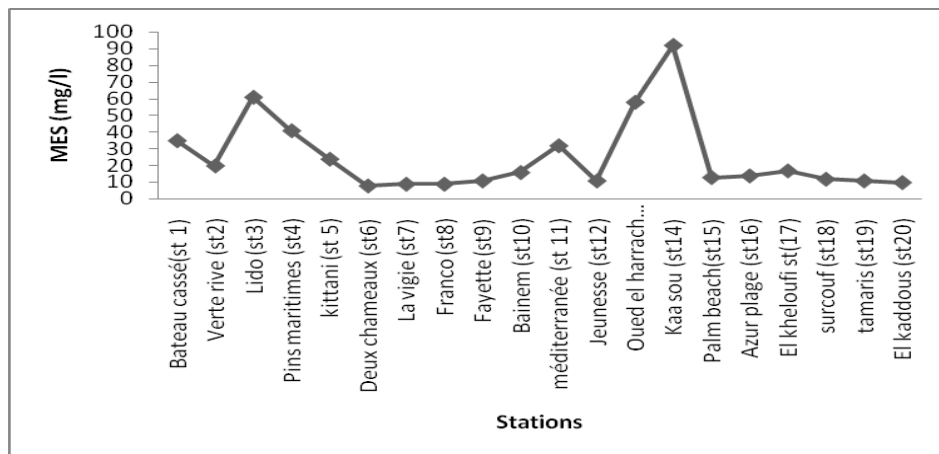


Figure 49. Variation des valeurs moyennes de MES en fonction des stations

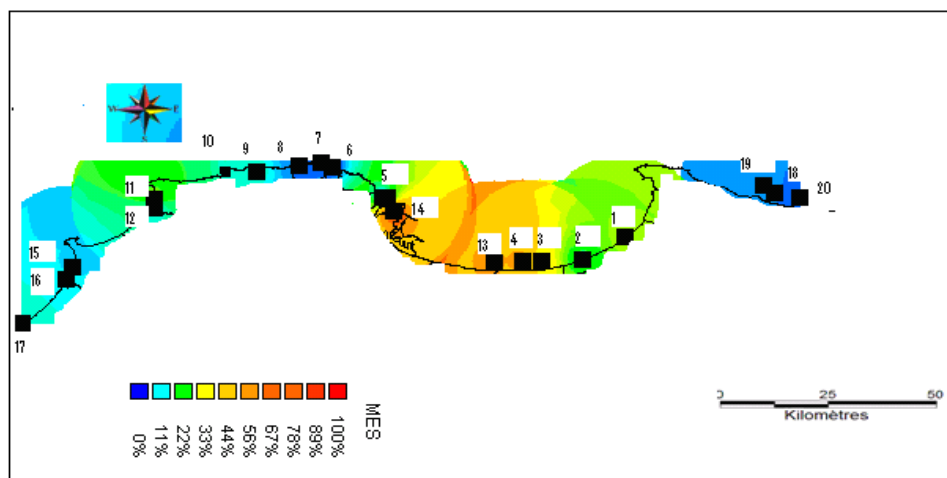


Figure 50. Variation spatiale de MES dans le littoral algérois

2.1.5. Variation de la turbidité :

Les teneurs de la turbidité sont assez faibles à un intervalle [0,73-13,1] (NTU). La valeur maximale est enregistrée au niveau de station 4 (pains maritimes). Où l'influence des conditions d'hydrodynamisme d'eau de mer et la nature granulométrique des stations, les rejets d'eau usée (domestiques) et les apports d'oueds. Alors que la valeur minimale est située au niveau de la station 9 (fayette)

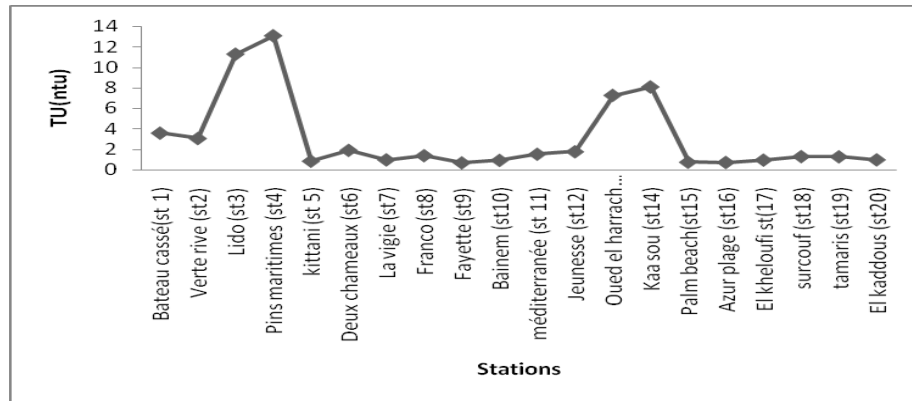


Figure 51. Variation des valeurs moyennes de TU en fonction des stations

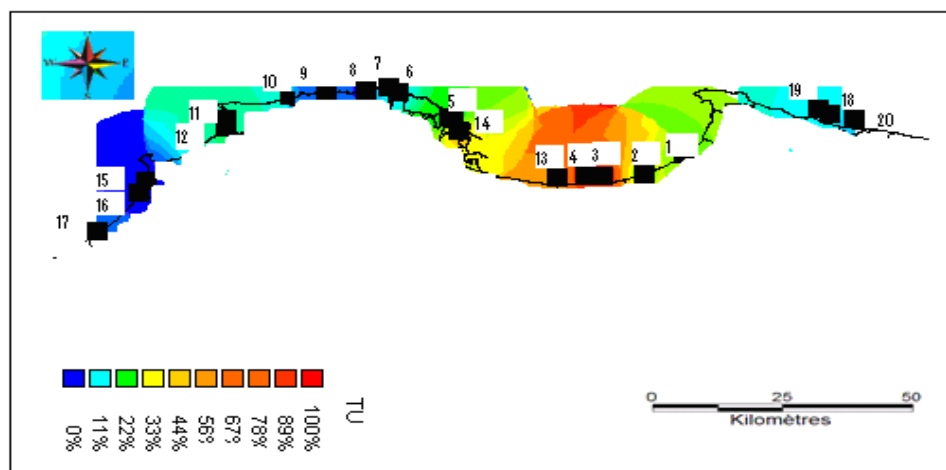


Figure 52. Variation spatiale de TU dans le littoral algérois

2.2. Analyse statistique :

L'analyse statistique des paramètres physico-chimique nous démontre, l'existence d'une différence entre la nature des eaux dans les diverses stations.

Tableau 11 : Tableau statistique des différents paramètres physico-chimiques

<i>Paramètres physico-chimiques</i>	<i>Salinité</i>	<i>Conductivité</i>	<i>PH</i>	<i>MES</i>	<i>Tu</i>
Moyenne	35,472	53,355	8,4685	25,2	3,124
Erreur-type	0,42752014	1,013682059	0,01874026	4,9992631	0,83564705
Médiane	36,3	55,15	8,47	15	1,345
Mode	36,7	55,1	8,5	11	0,98
Écart-type	1,91192821	4,533323981	0,08380899	22,3573843	3,73712724
Variance de l'échantillon	3,65546947	20,55102632	0,00702395	499,852632	13,96612
Coefficient d'asymétrie	- 1,86512172	- 2,488779894	0,15414022	1,84072641	1,80939732
Minimum	30,14	39,7	8,32	8	0,69
Maximum	36,8	55,8	8,63	92	13,1
Somme	709,44	1067,1	169,37	504	62,48
Nombre d'échantillons	20	20	20	20	20
Niveau de confiance (95,0%)	0,89480994	2,121660927	0,03922382	10,4635779	1,74902938

A partir des résultats du tableau statistique des différents paramètres physico-chimiques, nous pouvons dire que les eaux marines du littoral algérois sont caractérisées d'une manière globale par une salinité moyenne de 35,472 PSU. Cette salinité correspond à une conductivité moyenne de 53,355 Ms/cm, Par un potentiel d'Hydrogène affiche une moyenne de 8,4685, ce qui traduit une forte Alcalinité, nous pouvons dire que l'eau de mer du littoral algérois est un milieu légèrement basique.

Outre, les valeurs de l'écart type et de la variance des paramètres indiquent une bonne répartition des matières en suspensions et de la conductivité, et une mauvaise répartition des autres paramètres, cela est intimement lié aux caractéristiques de chaque station (rejets urbaines, granulométrie, érosion et apports des oueds).

2.3. Etude comparative (Mai 2004)

2.3.1. Les résultats du traitement sous SIG (MAI 2004) (Annexe 7)

Le SIG a comme finalité principale la production des cartes thématique qui permet la visualisation et la présentation des variables étudiées, ce qui les rend facile à interpréter pour l'utilisateur, à cette fin nous avons obtenu des cartes issues de l'interpolation des paramètres physico-chimique qui traitent la variation spatiale de température, salinité, oxygène dissous sur le littoral algérois.

2.3.1.1. Variation spatiale de la température :

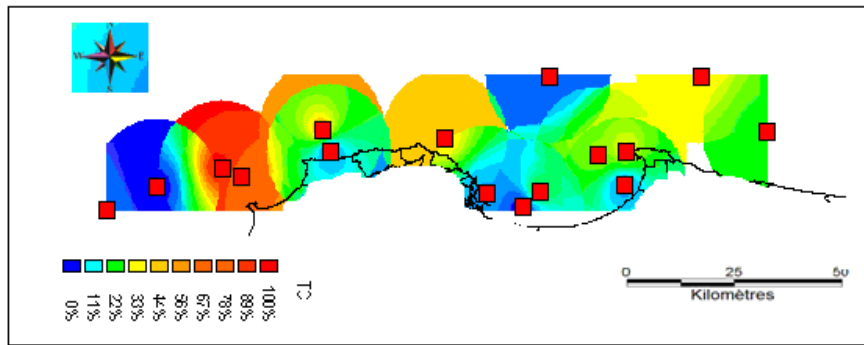


Figure 53. Variation spatiale de la température dans le littoral algérois (Mai 2004)

Les fluctuations de la température sont dues essentiellement aux conditionnements météorologiques et hydrodynamiques que subissent les eaux superficielles. Dans l'ensemble la température est de niveau saisonnier.

D'après cette étude on a trouvé que la température en cette période oscille entre 16° C et 17° C au maximum.

On remarque des valeurs élevées enregistrées au niveau de l'Ouest du port et El-Harrach, alors que les valeurs minimales s'observent au port et au large.

2.3.1.2. Variation spatiale du pH

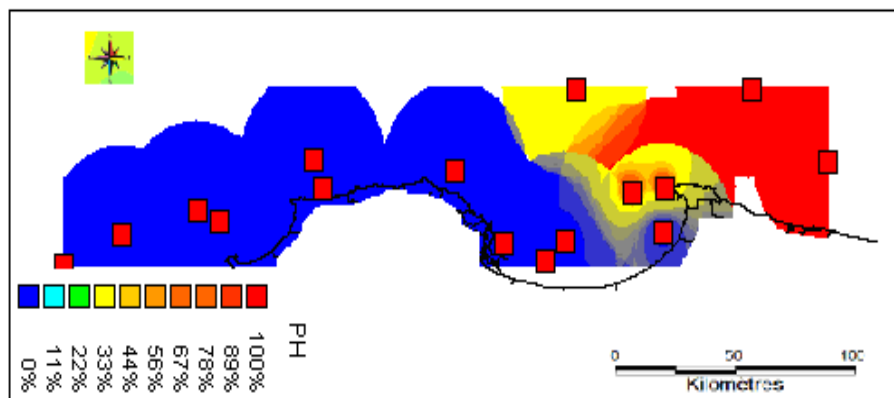


Figure 54. Variation spatiale du pH dans le littoral algérois

Durant cette période on remarque que les valeurs les plus élevées (supérieurs à 8) sont observées dans le secteur oriental de la baie. Alors que les faibles valeurs (inférieur à 8) sont enregistrées entre la région de zeralda et la station en face d'oued el hamiz.

2.3.1.3. Variation spatiale de l'oxygène dissous

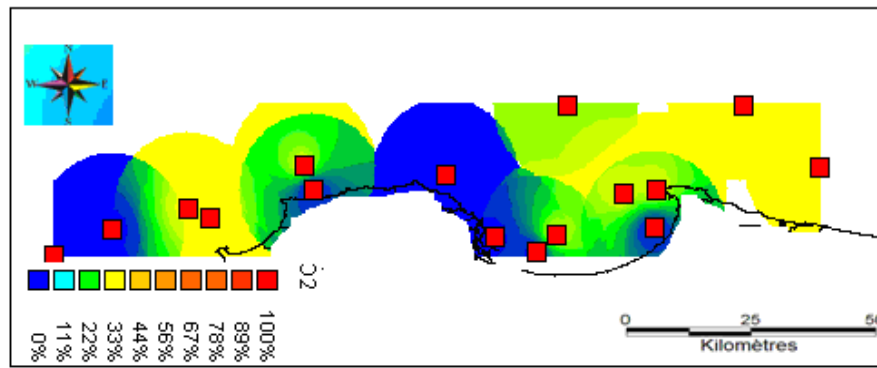


Figure 55. Variation spatiale de l'oxygène dissous dans le littoral algérois

La variation de l'oxygène dissous le long d'une colonne littorale n'est pas similaire à celle d'une colonne d'eau du large, car en effet en plus de l'échange air-mer et à la photosynthèse, la variation de l'oxygène dissous dépend de son utilisation pour l'oxydation de la matière organique le long de la colonne d'eau de mer, cependant dans les eaux littoral, cette matière organique n'aura pas le temps de s'oxyder donc elle chute au fond.

Par l'analyse de ces cartes on a trouvé que les valeurs maximales relevées à la partie orientale du littoral (Bordj El Kiffane), alors que les valeurs minimales sont relevées dans la partie occidentales (d'El-Harrach jusqu'au port) les faibles teneurs en oxygène trouvées peuvent être expliquer par la présence de fortes teneurs de matière en suspension en surface et les déchets des matières organiques solides et liquides rejetés essentiellement par des unité industrielles.

2.3.1.4. Variation spatiale de la salinité

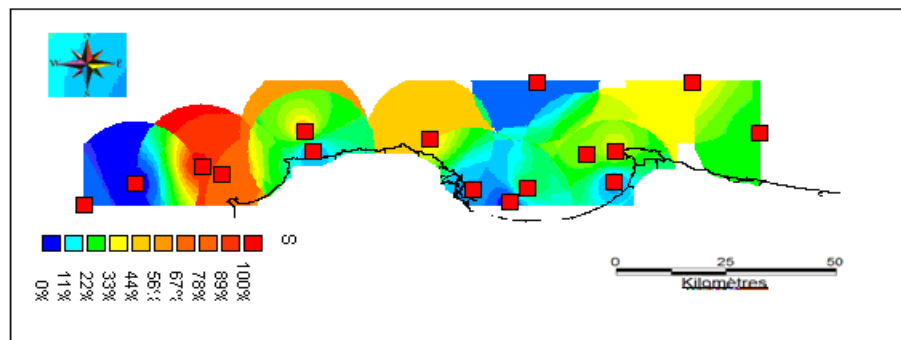


Figure 56. Variation spatiale de la salinité dans le littoral algérois

La salinité de l'eau de mer est très fluctuante, ceci est dû à l'effet de la dilution par les eaux douces qui font diminuer ce paramètre, et l'évaporation pendant les périodes chaudes qui augmente la salinité.

La carte montre que les valeurs élevées de la salinité s'enregistrent dans la partie occidentale (port et Ouest du port), à l'inverse les valeurs faibles s'observent dans la partie centrale (El-Harrach) et orientale (Est de la baie) cela s'explique par les apports des eaux douces par Oued El-Harrach et El-Hamiz.

2.3. 2.Variation temporelle des paramètres physico-chimiques

Les résultats des statistiques descriptives obtenus sont donnés dans le tableau suivant:

Tableau12. Résultats des statistiques descriptives des paramètres physico-chimiques (Mai 2004 et Mai 2009)

mai 2009	Effectif	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	variance
Conductivité	20	53,355	39,7	55,8	4,533323981	20,55102632
salinité	20	35,472	30,14	36,8	1,91192821	3,65546947
pH	20	8,4685	8,32	8,63	0,08380899	0,00702395
MES	20	25,2	8	92	22,3573843	499,852632
TU	20	3,124	0,69	13,1	3,73712724	13,96612
Mai 2004	Effectif	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	variance
TC°	16	16.7	16.4	17	0.42426407	0.18
pH	16	7.9	7.83	8.14	0.125246	0.015686
O2	16	7.9	7.6	8.40	0.00834973	0.00403225
salinité	16	36,355	36,066	36,656	205.998665	42435.45

Les valeurs obtenues pour l'écart –type et la variance montre que pour toutes les variables étudiées aussi bien en mai 2004 qu'en mai 2009, il y a une faible dispersion ce qui témoigne sur l'hétérogénéité de la distribution de ces variables.

Pour l'étude de 2004, les valeurs de la salinité au niveau du littoral algérois sont comprises entre 36.066 et 36.656 avec une salinité moyenne de 36.355 et un écart type de 205.998. Alors qu'en 2009 nous avons enregistré des valeurs comprises entre 30.14 et 36.8 avec une moyenne de 35.472 et un écart type de 1,91192821. Les valeurs de l'écart type obtenu montrent une forte fluctuation de la répartition de la salinité pour la première étude par rapport à la deuxième. Malgré la fluctuation enregistrée au niveau de la baie, elle semble toujours baignée par les eaux nettement atlantiques amenées par le courant océanique, la salinité serait donc du type atlantique c'est à dire inférieure à 38.

Concernant le ph, on remarque que, pour l'année 2004, les valeurs du pH varient entre 7.83 et 8.14 avec une moyenne de 7.9. L'année 2009, enregistre des valeurs comprises entre 8.32 et 8.63 avec une moyenne de 8.46. Cette différence peut être expliquée par l'influence des facteurs météorologique et hydrodynamique, ou par l'activité biologique (dégradation de la matière organique)

Conclusion

De l'ensemble des analyses réalisées, il ressort que la plupart des valeurs enregistrées conformes aux normes internationales. On remarque par ailleurs, qu'il y a une grande hétérogénéité dans les résultats. Le degré de pollution varie d'un site à l'autre.

Les eaux marines du littoral algérois sont caractérisées d'une manière globale par une salinité moyenne de 35,472 PSU, Cette salinité correspond à une conductivité moyenne de 53,355 Ms/cm, Par un potentiel d'Hydrogène affiche une moyenne de 8,4685, ce qui traduit une

forte Alcalinité, nous pouvons dire que l'eau de mer du littoral algérois est un milieu légèrement basique. Ce qui correspond à un milieu riche en bactéries du fait de la présence en abondance de matières organiques dissoutes.

3. Etude spectrale

3.1. Interprétation des résultats expérimentaux (Annexe 6):

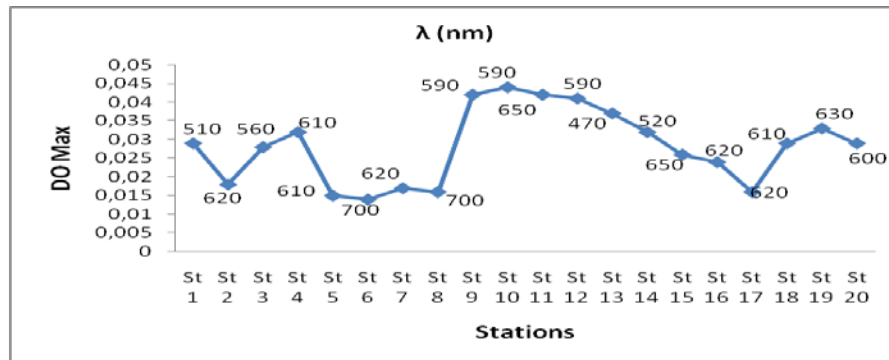


Figure 60 .Variation de DO max après filtration.

La courbe indique que la plus part des valeurs d'absorption correspondent à des longueurs d'ondes situées dans les bandes de couleur d'orange et du rouge du spectre visible, ou plus proche de ces bandes comme le jaune, à l'exception de la station 13 (Embouchure de oued El Harrach) où l'eau est plus dense, qu'aux autres à cause de la forte pollution causée par les rejets industriels.

On observe une absorption importante pour les eaux côtières du littoral algérois riches en suspensions d'origines organiques. Pour l'eau filtrée (claire) l'absorbance est minimum pour la couleur bleue, alors que pour l'eau trouble, et chargée en matière en suspension elle est minimum pour les couleurs verte et jaune.

3.2. Interprétation des photos



a- sans filtre



b- filtre jaune



c- filtre bleu



d- filtre rouge



E- filtre vert

Figure 61. Photo traitée avec filtres (plage polluée)

a- sans filtre



b- filtre jaune



c- filtre vert



d- filtre bleu



e- filtre rouge

Figure 62. Photo traitée avec filtres (plage non polluée) à 15 CM de profondeur



a- sans filtre



b- filtre jaune



c- filtre vert



d- filtre bleu



e- filtre rouge

Figure 63. Photo traitée avec filtres (plage non polluée) à 80 CM de profondeur

Tableau 13: l'effet des filtres à différentes profondeurs.

Couleur	Plage à 15 cm (fond caillouteux)
Bleu	l'image est claire : nous observons nettement le fond constituer de cailloux, le bleu a un pouvoir de pénétration important et une forte réflexion.
Vert	l'image du fond apparaît légèrement floue, mais l'apparition des cailloux reste toujours remarquable.
Jaune	L'image est pratiquement floue
Rouge	L'image est complètement floue cela s'explique par la forte absorption du rayonnement rouge.
Couleur	Plage à 80 cm (fond sableux avec végétation)
Bleu	Le filtre bleu fait apparaître le fond mais pas la végétation.
Vert	Le fond sableux n'est pas observé, par contre la végétation est très claire, cela nous permet de conclure que le vert est utilisé pour l'observation de la végétation.
Jaune	aucune observation pour le fond et la végétation n'est pas très claire
Rouge	L'image de surface est floue
Couleur	(surface polluée avec les hydrocarbures)
Bleu	L'image est pratiquement floue, on remarque un faible panache d'hydrocarbures.
Vert	L'image est très claire avec une apparition du panache d'hydrocarbures sur toute la surface de la mer.
Jaune	Le panache des hydrocarbures est très visible, il y a même apparition de quelques traces d'hydrocarbures qui n'étaient pas visible sur l'image sans filtre. cela nous permet de déduire que le jaune est utilisé pour l'observation des traces de pollution.
Rouge	L'image est floue on n'observe aucun trace de panache d'hydrocarbures.

Ces résultats nous a permis de dire que le capteur satellitaire utilise le spectre selon l'objet à détecter :

- Le vert est utilisé pour l'observation de la végétation.
- Le jaune est utilisé pour l'observation des traces de pollution.

- Le bleu pour la détermination de la nature du fond

4. Interprétation des données satellitaires

4.1. Variation du compte numérique (radiométrie) dans les différentes stations

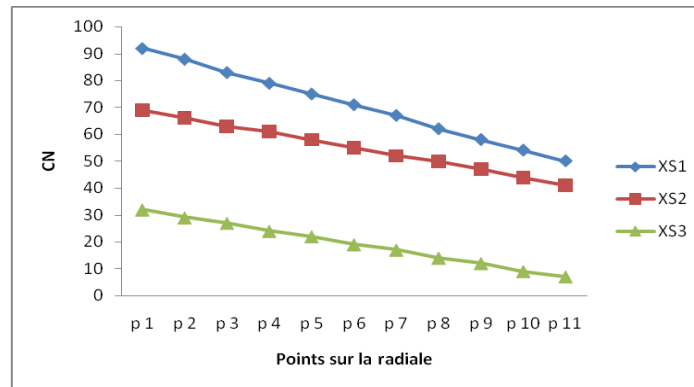


Figure 64. Variation du compte numérique en fonction de la radiale pour le satellite SPOT (station 13)

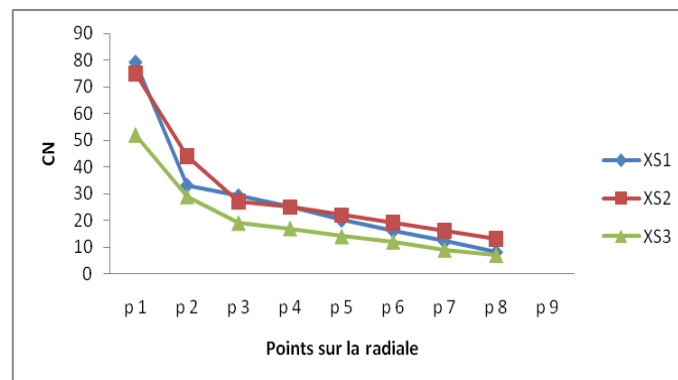


Figure 65. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 14)

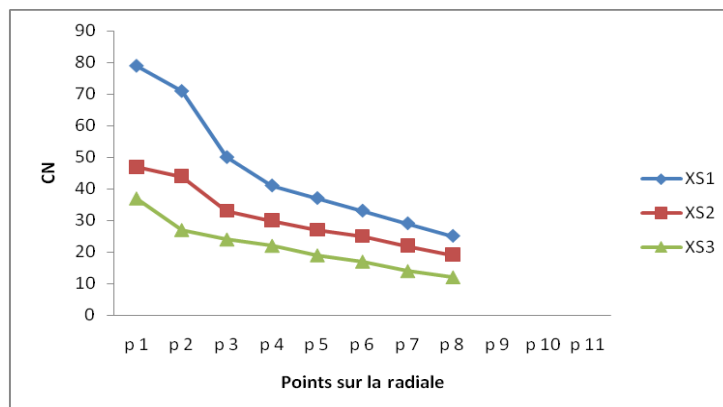


Figure 66. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 5)

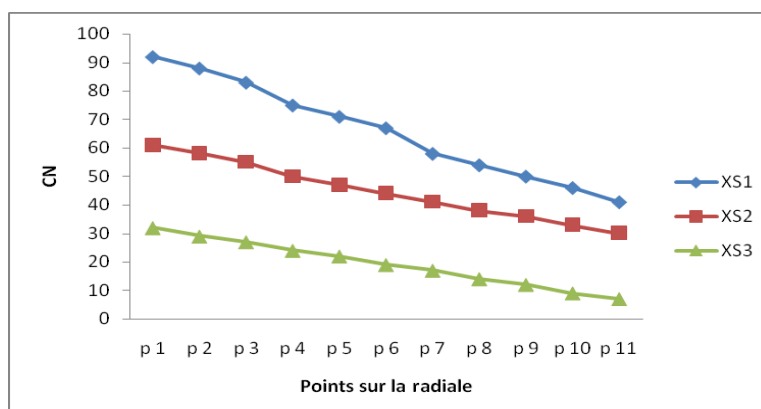


Figure 67. variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 4)

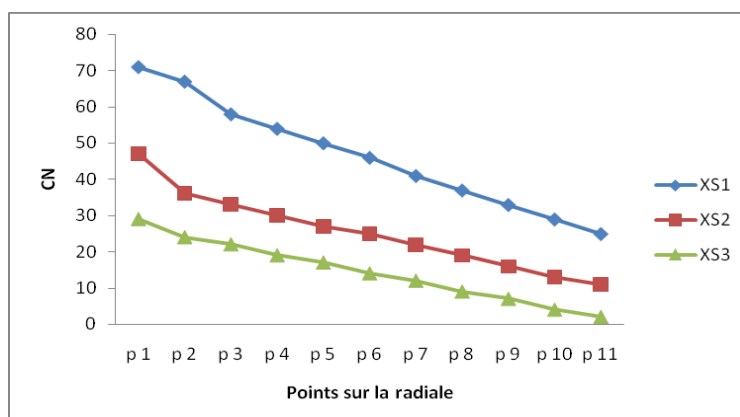


Figure 68. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 1)

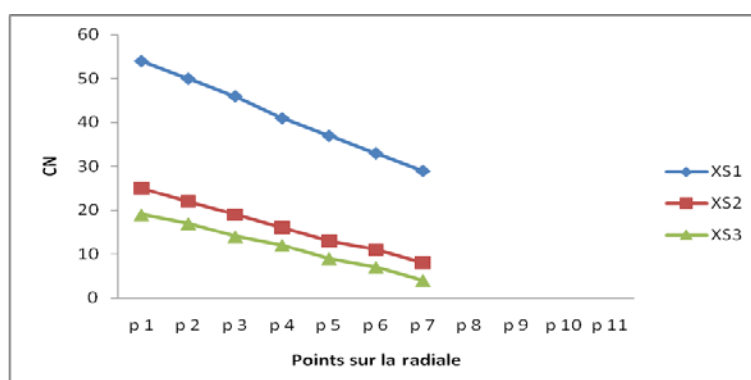


Figure 69. variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 20)

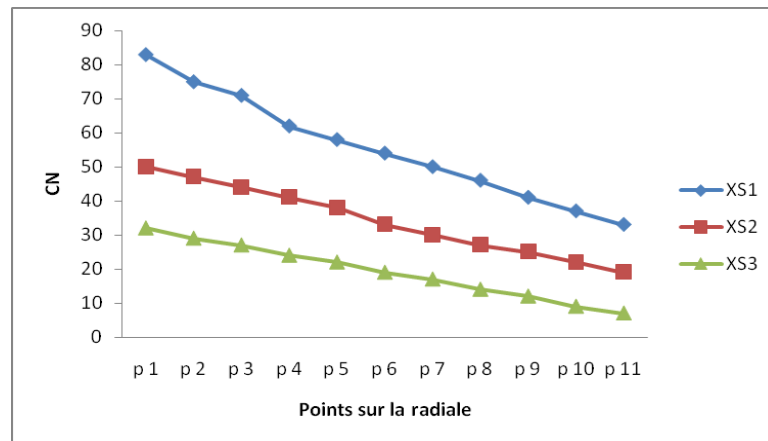


Figure 68. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 15)

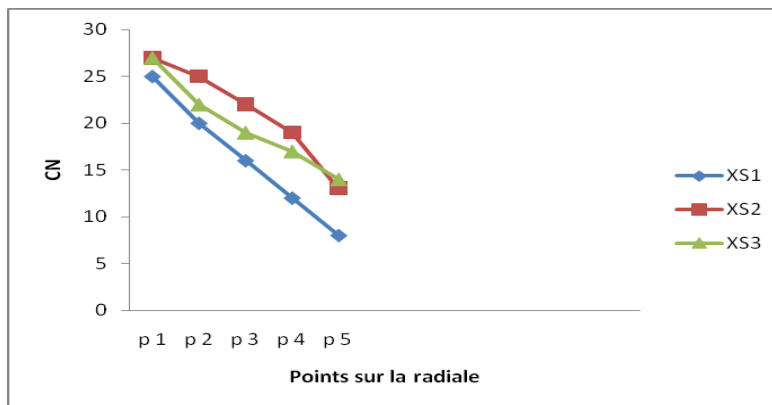


Figure 69. Variation du compte numérique en fonction de radiale pour le satellite SPOT (station 19)

L'allure des courbes est la même pour l'ensemble des stations. La valeur du compte numérique se diminue progressivement avec la radiale. Un maximum est enregistré au niveau du canal 1, un minimum au niveau du canal 3.

L'analyse des courbes nous a montré que les grandes valeurs du compte numérique sont enregistrées au niveau des stations polluées (station 13, 14, 4.....) ce qu'il montre l'existence d'une relation entre la valeur du compte numérique et la charge de l'eau.

5.3.2. Analyse de la variation du compte numérique avec la profondeur et la distance par rapport à la cote

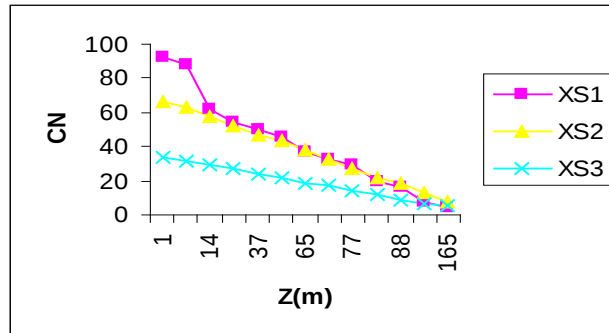


Figure 70. Variation du compte numérique en fonction de la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 13

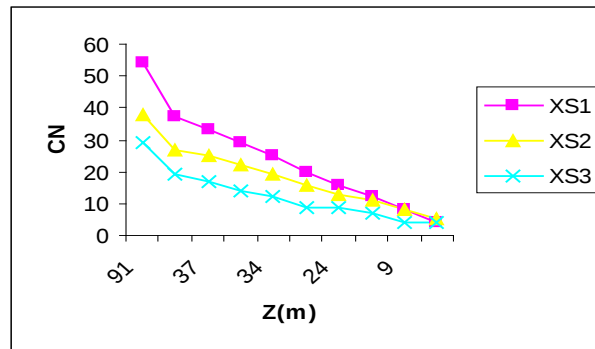


Figure 71. Variation du compte numérique en fonction de la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 14

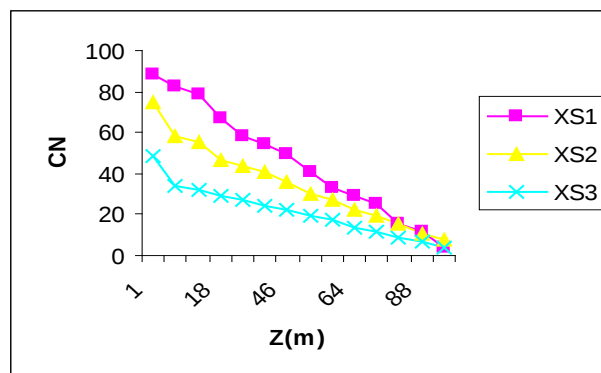


Figure 72. Variation du compte numérique en fonction de la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 4

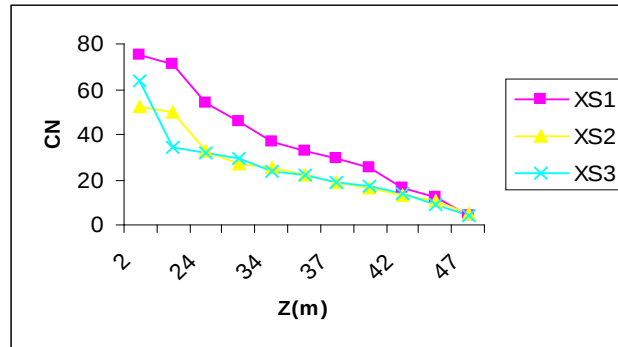


Figure 73. Variation du compte numérique en fonction de la profondeur pour le satellite SPOT au niveau de la station 1

Figure 74. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 13

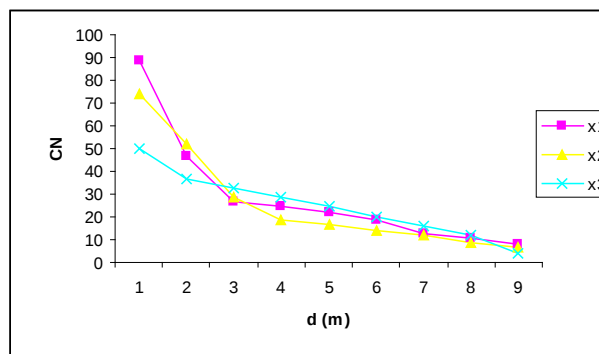


Figure 75. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 14

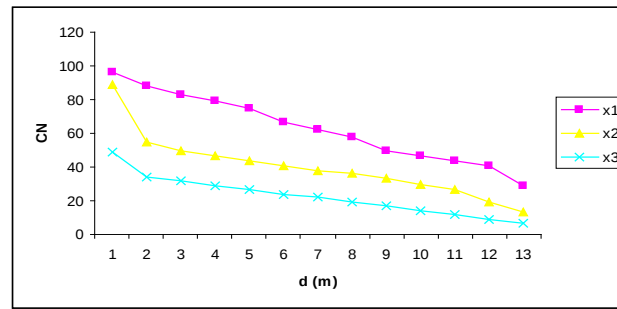


Figure 76. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 4

Figure 77. Variation du compte numérique en fonction de la distance par rapport à la cote pour le satellite SPOT au niveau de la station 1

On peut remarquer que plus la profondeur (z) et la distance par rapport à la cote sont grandes, plus le niveau de radiométrie mesuré est faible. Pour les trois canaux et dans l'ensemble des stations. Donc la quantité du rayonnement absorbé est grande.

L'analyse des paramètres (CN, Z , d) a montré que les stations à forte MES présente des fortes radiométrie et leurs couleurs à tendance de se rapprocher du rouge par contre les stations à faible radiométrie ont tendance d'avoir la couleur bleu.

4. Analyse multi variée :

4.1. Analyse en composantes principales :

Afin de mettre en évidence le lien entre les variables et les stations de prélèvement, une ACP a été réalisée à partir des résultats obtenus dans 20 stations.

Les principaux résultats obtenus de cette ACP sont indiqués ci-dessous :

Tableau 14. La matrice de corrélation des variables et les statistiques associées

Corrélations, Suppression des Obs. à VM, N = 20 (noname.sta)

	TU	CD	S	PH	MES	DO	CT	CF	SF
TU	1	-0,463	-0,53	-0,058	0,7697	0,106	0,486	0,446	-0,1995
CD	-0,463	1	0,9492	0,492	-0,808	-0,37	-0,434	-0,86	0,15368
S	-0,53	0,949	1	0,471	-0,799	-0,38	-0,449	-0,87	0,16183
pH	-0,058	0,492	0,471	1	-0,248	-0,03	0,169	-0,37	0,52297
MES	0,77	-0,808	-0,799	-0,248	1	0,357	0,498	0,587	-0,1395
DO	0,106	-0,37	-0,377	-0,028	0,3573	1	0,165	0,268	0,27289
CT	0,486	-0,434	-0,449	0,169	0,4975	0,165	1	0,537	0,20312
CF	0,446	-0,863	-0,866	-0,373	0,5873	0,268	0,537	1	-0,2274
SF	-0,2	0,154	0,1618	0,523	-0,14	0,273	0,203	-0,23	1
	A(DO)	CT	CF	ST	PH	S (psu)	TU (ntu)	MES (mg/l)	Cd (ms/cm)
moyenne	0,076	8410	3592,5	1228	8,4735	36,02	3,124	25,2	54,2
Ecart type	0,074	5609,8	3961,22	3094,3	0,07721	1,064	3,7371	22,36	5,13
CV	97,44	66,7045	110,2635	251,98	0,91115	2,955	119,63	88,72	9,48

Les résultats de corrélation montrent: l'existence d'un rapport étroit et positif entre les couples :(Matière en suspension(MES) –Turbidité (TU)) ; (Salinité (S)- Conductivité(CD)) ; (Streptocoques fécaux (SF)- Potentiel d'Hydrogène (pH)) ;(Coliformes Fécaux(CF)- Matière en suspension (MES)) et (Coliformes Fécaux (CF)- Coliformes totaux(CT)) qui représentent respectivement des coefficients de : 0.77, 0.949,0.523, 0.587 et 0.537.

Et des corrélations significatives et négatives entre : Salinité (S)-Turbidité (TU) ($r=-0.53$) ; Conductivité (Cd)- Matière en suspension (MES) ($r=-0.808$) ; Coliformes fécaux (CF)- Conductivité (Cd) ($r=-0.863$) ; Matière en suspension(MES)-Salinité (S) ($r=-0.799$) ; Coliformes Fécaux (CF)- Salinité (S) ($r=-0.866$).

Les corrélations significatives constatées entre les différents couples laisseraient penser que ces paramètres évoluent en dépendant les uns des autres.

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de relation entre les paramètres physico-chimiques et l'occurrence des bactéries sauf entre certains variables (coliformes fécaux, salinité et conductivité) et entre (Streptocoques fécaux et le potentiel d'hydrogène). Cela nous permis de dire que ces germes ne présentent pas une sensibilité à la variation des conditions écologiques. On note aussi que, lorsque la charge turbide de la mer augmente, la valeur des paramètres physico chimiques décroît.

Le reste des variables présentes des corrélations faibles ; le cas de la densité optique qui présente une corrélation faible avec tout les paramètres.

Les résultats du coefficient de variation montrent une très faible dispersion des paramètres de salinité, potentiel d'hydrogène et conductivité. Ce qui implique la distribution hétérogène de ces paramètres. Les autres paramètres présentent des fortes dispersions, cela peut signifier que leurs distributions est homogène.

Tableau 15. Résultat des valeurs propres

	Valeur. Propre	% Total	Cumul	% Cumul
1	5,211663	57,90736	5,211663	57,9074
2	1,456658	16,18509	6,668321	74,0925
3	0,950473	10,56081	7,618794	84,6533
4	0,596411	6,62679	8,215205	91,2801
5	0,287397	3,19330	8,502603	94,4734
6	0,253486	2,81651	8,756089	97,2899
7	0,177562	1,97291	8,933651	99,2628
8	0,053208	0,59120	8,986859	99,8540
9	0,013141	0,14601	9,000000	100,0000

Les résultats obtenus montrent que les trois premières composantes principales contiennent environ 84,65326 % de l'information (axe I : 57,91%, axe II : 16,19 % et axe III : 10,56%) ce qui ne permet de dire que les stations de mesures et les paramètres mesurés se différencient selon ces trois axes

Les résultats du coefficient de variation montrent une très faible dispersion des paramètres de salinité, potentiel d'hydrogène et conductivité. Ce qui implique la distribution hétérogène de ces paramètres. Les autres paramètres présentent des fortes dispersions, cela peut signifier que leurs distributions est homogène.

La question suivante est quelle est la variable qui contribue le plus à la formation des axes factoriels, le tableau suivant présente la contribution des variables aux trois premiers axes factoriels.

Tableau 16. Contribution des variables aux trois premiers axes factorielles.

	Fac.1	Fac.2	Fac.3
A (DO)	-0,089517	-0,468489	-0,206094
CT	0,719095	0,441975	-0,207563
CF	0,820704	-0,051172	0,232083
SF	-0,201721	0,668323	-0,466999
pH	-0,388846	0,770881	-0,071842
S	-0,611696	0,119083	0,350392
TU	0,772524	0,187509	0,153873
MES	0,852058	0,170549	0,134746
CD	-0,268257	0,374731	0,749842

L'examen du tableau des contributions des variables montre que les variables qui ont un rôle dominant dans la formation des axes sont :

Axe I : coliforme totaux, les coliformes fécaux, matière en suspension et turbidité

Axe II : le potentiel d'hydrogène et streptocoques fécaux.

Axe III : conductivité

Dans la même logique, le tableau suivant présente la contribution des observations à la formation des axes factoriels

Tableau 17. Contribution des observations à la formation des axes factoriels

Stations	Fact.1	Fac.2	Fact.3
1	18,80404	0,11562	0,00607
2	12,22536	2,18063	0,27046
3	10,01014	1,84415	1,54499
4	6,84926	0,90011	0,52421
5	3,13982	0,08905	0,03469
6	1,26656	1,50526	0,42630
7	0,63764	2,13556	0,17486
8	1,74350	0,09441	0,41607
9	0,00744	1,62379	1,91580
10	0,25639	0,07668	0,03419
11	0,46924	1,62319	1,38778
12	1,17476	0,02291	0,14116
13	1,22348	17,26766	1,61112
14	4,59789	30,70883	14,29289
15	2,03890	0,12773	12,39831
16	3,36296	1,16940	17,25209
17	3,05730	6,61917	7,39746
18	10,05087	2,36481	0,01746
19	13,68576	4,17182	1,10430
20	5,39866	25,35923	39,04979

On constate que les stations qui ont le plus contribué à la formation des premiers axes factorielles sont les stations : 1 pour l'axe I, 14 pour l'axe II et 20 pour l'axe III.

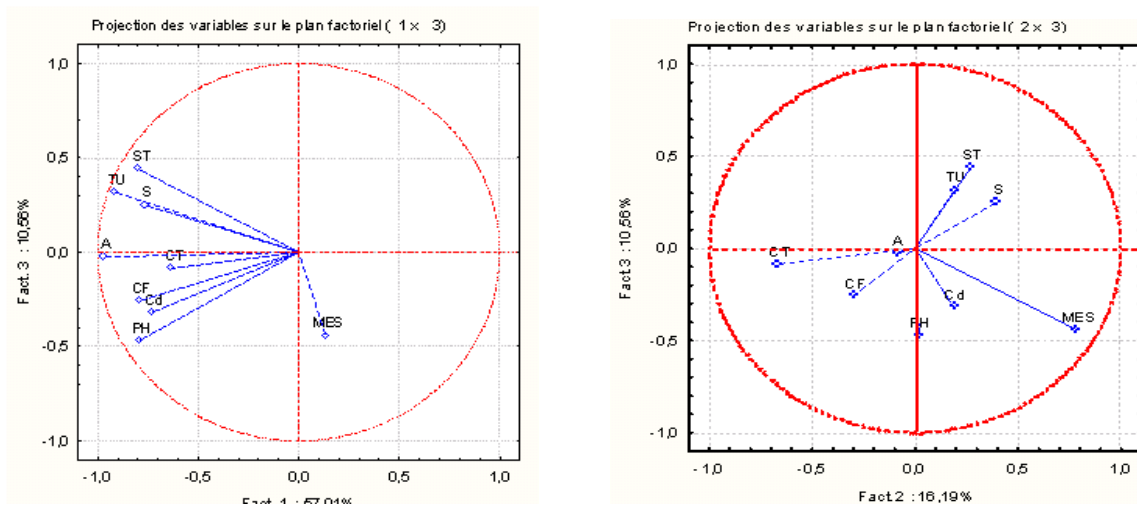


Figure 80. Projections des paramètres sur les plans factoriels

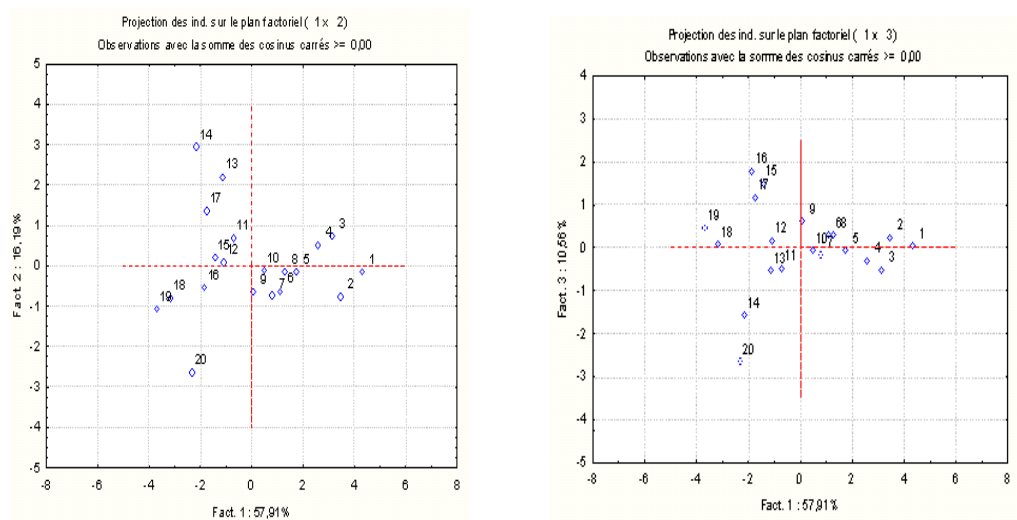


Figure 81. Projections des stations sur les plans factoriels

Les diagrammes représentant les projections des variables sur les axes factoriels nous fournissent plusieurs types d'information (fig.80)

A titre d'information, la prépondérance d'une variable par rapport aux composantes se définit par deux critères :

-l'angle formé entre les vecteurs représentant les variables et les axes : plus celui-ci est petit, plus la variable est prépondérante dans la définition de la composante ;

-La longueur des vecteurs : plus celle est grande, plus la variable est prépondérante.

En examinant la projection des variables sur les trois axes principales, on constate :

1. Aucune variable n'a un rôle dominant dans l'orientation des axes factoriels. Le groupe des variables CF, CT, TU et MES semble bien expliqués par l'axe I, par contre les variables ST et pH sont bien expliquées par l'axe II et enfin la conductivité est bien individualisée par l'axe 3.
2. L'interpolation des nuages des individus mis en évidence la dominance de la station 1 dans la formation de l'axe 1. Cette station présente un taux élevé des germes fécaux, elle est de mauvaise qualité bactériologique, et une forte teneur en MES.
3. La station 14 est bien représentée par l'axe II, elle possède des concentrations élevées des germes qui dépassent les normes internationales, et une forte teneur de MES. La densité optique est élevée.
4. L'axe III est expliqué par la station 20, elle aussi présente une densité optique élevée.

L'ACP nous a permis de ressortir les stations qui présentent les grandes fluctuations des paramètres mesurés. La station 1 présente un taux élevé des germes fécaux, elle est de mauvaise qualité bactériologique, et une forte teneur en MES. Et les stations 14 et 20 qui présentent une densité optique élevée.

CONCLUSION GENERALE

La présente étude, rentre dans le cadre du suivi de la qualité des eaux de mer du littoral algérois, par :

- Détermination des paramètres physico-chimiques, optique ainsi que les germes fécaux.
- Développement d'un système d'information géographique (SIG), spatialisation et cartographie des paramètres.
- Utilisation des images satellites.
- Combinaison entre les paramètres mesurés et les images satellites

L'analyse spatiale des différents résultats, nous a permis de conclure que :

Les résultats d'analyse bactériologiques montrent une distribution hétérogène des trois germes recherchés (Coliformes fécaux, Coliformes totaux et Streptocoques fécaux).

Les eaux marines du littoral algérois sont caractérisées d'une manière globale par une salinité moyenne de 35,472 PSU, Cette salinité correspond à une conductivité moyenne de 53,355 Ms/cm, Par un potentiel d'Hydrogène affiche une moyenne de 8,4685, ce qui traduit une forte Alcalinité, nous pouvons dire que l'eau de mer du littoral algérois est un milieu légèrement basique. Ce qui correspond à un milieu riche en bactéries du fait de la présence en abondance de matières organiques dissoutes. Cela est confirmé par les résultats microbiologiques obtenus.

Les résultats d'analyse spectrale révèlent que les MES ont un effet important sur la couleur et l'absorbance de l'eau de mer. On observe une absorption importante pour les eaux côtières du littoral algérois riches en suspensions d'origines organiques. Pour l'eau filtrée (claire) l'absorbance est minimum pour la couleur bleue, alors que pour l'eau trouble, et chargée en matière en suspension elle est minimum pour les couleurs verte et jaune.

L'analyse des photos numériques filtrée par des filtres multi spectrales montre que le fond marin contribue directement sur l'information détectée. Dans le bleu l'image est nette et permet d'observer le fond ainsi de qualifier sa nature

L'analyse corrélatrice nous a montré que les stations à forte MES présente des fortes radiométrie et ont tendance à avoir la couleur vers le rouge par contre les stations à faible radiométrie ont tendance d'avoir la couleur bleu. L'analyse multi spectrale est un outil de base pour une information quantitative qui nécessite une étude qualitative

Les requêtes réalisées par MapInfo dans le cas de l'étude bactériologique sont introduites pour la comparaison des cartes à l'échelle d'une station aux normes internationales, et nous a permis de classer les eaux des plages.

L'analyse statistique a été utilisée pour apprécier la distribution des données dans l'espace, d'appréhender leur degré d'homogénéité, d'étudier son évolution dans le temps, et de visualiser les observations.

L'utilisation d'images SPOT traitées grâce au logiciel PCS TWIN s'est révélée concluante.

A la lumière des résultats obtenus et les cartes réalisées, un diagnostic de l'état de pollution est établi pour le site étudié, les facteurs de cette pollution sont :

1. les déversements d'égouts superficiels et les rejets D'hydrocarbures et de détritiques organiques; mais la source principale dans nos stations revient aux déchets solides et rejets domestiques.
2. Les apports des principaux oueds (El-Harrach, Mazafran et El-Hamiz) ainsi que les conditions météorologiques qui règnent dans le site étudié.
3. L'empreinte des eaux continentales est marquée par les dessalures superficielles plus ou moins importantes observées en face des embouchures des oueds et des émissaires.
4. Déversements anarchiques des eaux usées, des rejets industriels et des rejets directs dans les plages.

Recommandations :

Les moyens de prévention reposent sur un trépied : traitement des effluents, éducation sanitaire des populations à risque et surveillance du milieu.

Le traitement des eaux usées : Le traitement des eaux usées avant leur rejet en mer doit se faire au niveau de toutes les agglomérations du littoral, mais aussi au niveau des agglomérations riveraines des fleuves et enfin au niveau des implantations industrielles dites 'grands pollueurs' qui doivent épurer leurs effluents. Le rejet de polluants industriels et chimiques dans les émissaires est très codifié mais il n'en est pas de même de l'épuration bactériologique et virale de sécurité reposant sur l'effet de dilution attendu des masses océaniques.

Quant à la possibilité d'autoépuration et d'antibiocidie de la mer, elle reste très controversée par les hygiénistes;

L'éducation sanitaire : L'éducation sanitaire est nécessaire. Elle doit être estivale vis à vis des vacanciers, visant à informer et à sensibiliser les parents des jeunes enfants qui sont les plus fréquemment victimes des infections observées sur les littoraux pollués. Et doit être permanente vis à vis les habitants du littoral.

La surveillance du milieu : La surveillance du milieu se fait par le contrôle des eaux et des pêches.

Nous recommandons également l'utilisation des nouvelles technologies tel que le SIG, la télédétection dans la mise à jour de l'information scientifique car il permet, par son approche efficace dans la résolution de certaines défaillances techniques, de donner plus de crédibilité et d'exactitude aux résultats obtenus par les différentes recherches

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence pour la Promotion et la Protection du Littoral algérois (APPL)., 2009.** Suivi et contrôle de la qualité des eaux de mer. <http://www.appl.dz/>
- Aminot A. et Chausse-Pied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Edition : CNEXO, Brest, France, 395 P.*
- Aminot A. et Kérouel R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. *Edition : Ifremer, France, 336 P.*
- Aminot A., Guillard J-F. et Kérouel R., 1997.** La baie de Seine : hydrologie, nutriments et chlorophylle (1978-1994). *Edition : Ifremer, France, 148.*
- Aouameur D., 1990.** Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. *Mém.Ing.I.S.M.A.L : 69p.*
- Bachari N; Benbadji N et Abdellaoui A., 1997.** Développement du logiciel d'analyse spectrale et temporelle des images satellite type SPOT, LANDSAT et METEOSAT. *A.M.S.E.J Volume 38, N° 1,2. p 15-38.*
- Bachari N. I et Houma F., 2006.** Approche SIG pour l'analyse de la pollution marine de la baie d'Alger. *Rapport du premier congrès Méditerranéen d'Océanologie, du 20-22 Novembre 2006, Sidi Fredj- Alger Algérie. P:58.*
- Bachari N. I et Houma F., 2006.** Détermination des cartes bathymétriques des zones côtières à partir des images satellites. *Rapport du premier congrès Méditerranéen d'Océanologie, du 20-22 Novembre 2006, Sidi Fredj- Alger Algérie. P:16.*
- Bakalem A., 1979.** Contribution à l'étude des peuplements benthiques de la baie d'Alger. *Thèse de 3^{ème} cycle Université de Brest ,228p*
- Bakalem A., Romano J.C., 1982.** Pollution et peuplements benthiques dans la région algéroise. *Rapp. Comm. Int., Mer Médit, Cannes, 687-697.*
- Barnabé G., Barnabéquet R. 1997.** Ecologie et aménagement des eaux côtières. *Ed : Technique et documentation - Lavoisier., Paris. 391p*
- Ben Fdhila M., 2004.** Système d'Information Géographique. *Centre d'Information, de Formation, de Documentation et d'Etudes en Technologies des Communications «CIFODE'Com », Tunisie, 43 P.*
- Bordin P., 2002.** SIG concepts, outils et données. *Edition : Lavoisier, France, 259 P.*
- Boudjellal B., Boulahdid M., Eddalia N., Ouanadi F., Rouibah M., 2005.** Etude de la pollution du littoral algérois et du lac de Reghaia. *ISMAL. Alger. 73p.*
- Boulahdid M., 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, France, 266 P*

- Combeau C., 2004.** Audit du système d'information géographique, Analyse de l'existant et développement d'outils appliqués. *Conservatoire régional des rives de la Loire et de ses affluents, Académie de Toulouse, France, 45 P*
- Copin-Montegut G., 1996.** Chimie de l'eau de mer. *Collection «synthèse». Edition : Institut océanographique de paris, France, 319 p*
- Denègre J. et Salgé F., 1996.** Les systèmes d'information géographique. *Presse Universitaire de France, 127 P.*
- Eddalia N., 1990.** Les sels nutritifs et la matière en suspension dans la baie d'Alger et le golf d'Arzew. Identification des masses d'eaux et de la pollution. *Mém. Ing. I.S.M.A.L ,103p*
- Essevaz-Roulet M., 1999.** La mise en œuvre d'un système d'information géographique dans une collectivité territoriale. *La lettre du Cadre Territorial (Dossier d'experts), 194 P.*
- Galaf F et Ghannam S. 2003.** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin, chapitre : pollution biologique. *Mem Ing d'Etat : Agronomie. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. Maroc. 40p*
- Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. *Edition : Technique et documentation, 217 P.*
- Houma F, Boulahdid M, Khouider A., 2004.** Développement d'une méthodologie pour caractériser et déterminer la pollution des eaux de mer par les hydrocarbures en utilisant des images satellites. *Rapport du 37^{ème} congrès de CIESM Barcelone, volume 37, p208. Revue européenne de la géographie. Cybergéo.*
- Houma-Bachari F., 2007.** Caractérisation des polluants de la côte oranaise et algéroise par analyse physico-chimique et corrélation avec les données satellites. *Thèse Doctorat d'Etat. USTHB169p.*
- IAAT (Institut Atlantique d'Aménagement des Territoires), 2003.** Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG. *IAAT, France, 33 P*
- Ivanoff A., 1972.** Paramètres physico-chimiques des eaux de mer. *Tome I, Edition : Librairie Vuibert, 208 P*
- Lacaze J-C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestations, moyens et lutte. *Edition : Ellipses, 191 P.*
- Leclaire L., 1972.** La sédimentation halocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (précontinent Algérien). *Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Nouvelle série, C , Science de la terre. Tome XXI ,Fascicule unique ,391p*
- Leroy J-B., 1999.** La pollution des eaux. *Edition : le point des connaissances actuelles, France, 126 P.*

- Kankou M., 2004.** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. *Docteur de l'Université de Limoges, France, 159 P.*
- Maouche S., 1987.** Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger, approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. *Thèse de Doctorat, Univ.Perpignan. 214p.*
- Mohammedi M., 1987 .** Evolution d'un peuplement de la baie d'Alger soumis à des perturbations. *Mém. D.E.S. U.S.T.H.B: 95p*
- Millot C., Taupier –Letage I; Benzohra M; 1986–** Preliminary results of the MEDIPRODV experiment. *C.I.E.S.M.:175p*
- Olivier L., 2004.** Propriétés Physiques du Milieu Marin Un cours d'introduction à l'océanographie physique
- Priou J-Y., 1997.** Les échanges de données géographiques. *Ecole Nationale des Sciences Géographiques, 10 P.*
- Pelle S., 2001.** Quelques conseils pour modéliser des données géographiques. *Ecole Nationale des Sciences Géographiques, 11 P.*
- Programme d'aménagement côtier (PAC) "zone côtière algéroise", 2006.** Rapport final intégré. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Alger. 190p
- Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Edition: Ediscience International, France, 690 p.p428*
- Rebzani-Zehaf C., 1990.** Les peuplements macrobenthiques du port d'Alger. Evolution spatio-temporelle. Impact de la pollution. *Thèse de Magistère, ISN/USTHB, Alger. 199 p. et Annexes.*
- Rebzani-Zahaf C., 2003.** Les peuplements macrobenthiques des milieux portuaires de la côte algérienne: Alger, Bejaia et Skikda. *Thèse Doctorat. Océanographie. USTHB, Alger. 244p.*
- Rodier J., 2005 –** L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 8^{ème} éd : Dunod, Paris. 1383p
- Samson-Kechacha F.L., 1981 –** Variation des matières nutritives de la baie d'Alger. Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton. *Thèse Doct. 3^{ème} cycle, U.S.T.H.B., (Alger). 98p*
- Salomon. J-N., 2003.** Danger pollutions! *Collection « Scieteren », Presse Universitaire de Bordeaux, France, 170 P*

Sellali B., 1996. La pollution par les hydrocarbures pétroliers en méditerranée Sud-Occidentale « contamination de l'eau et des sédiments superficiels des régions littorales centre et ouest de l'Algérie. *Thèse de magistère. ISMAL. Alger.* 118p.

Soualili D.L., 2008. Les peuplements naturels d'oursins : un outil évaluateur de l'état de santé de la baie d'Alger. *Thèse Doctorat. Océanographie. USTHB, Alger.* 147p.

ANNEXE

Annexe 1 : Technique du dénombrement des trois germes

Colimétrie en milieu liquide : Test de présomption

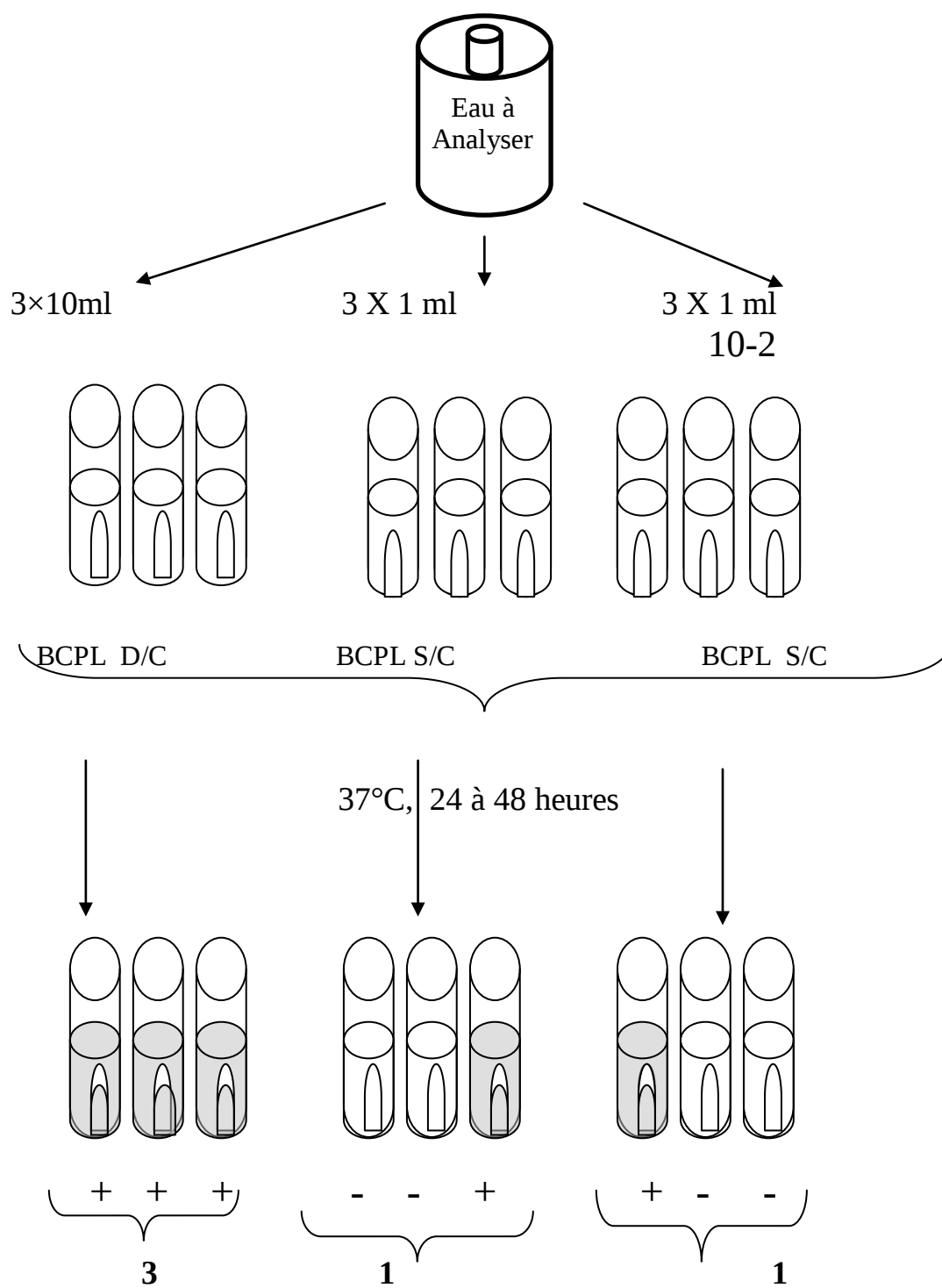


Schéma n°1

Colimétrie en milieu liquide : Test de confirmation

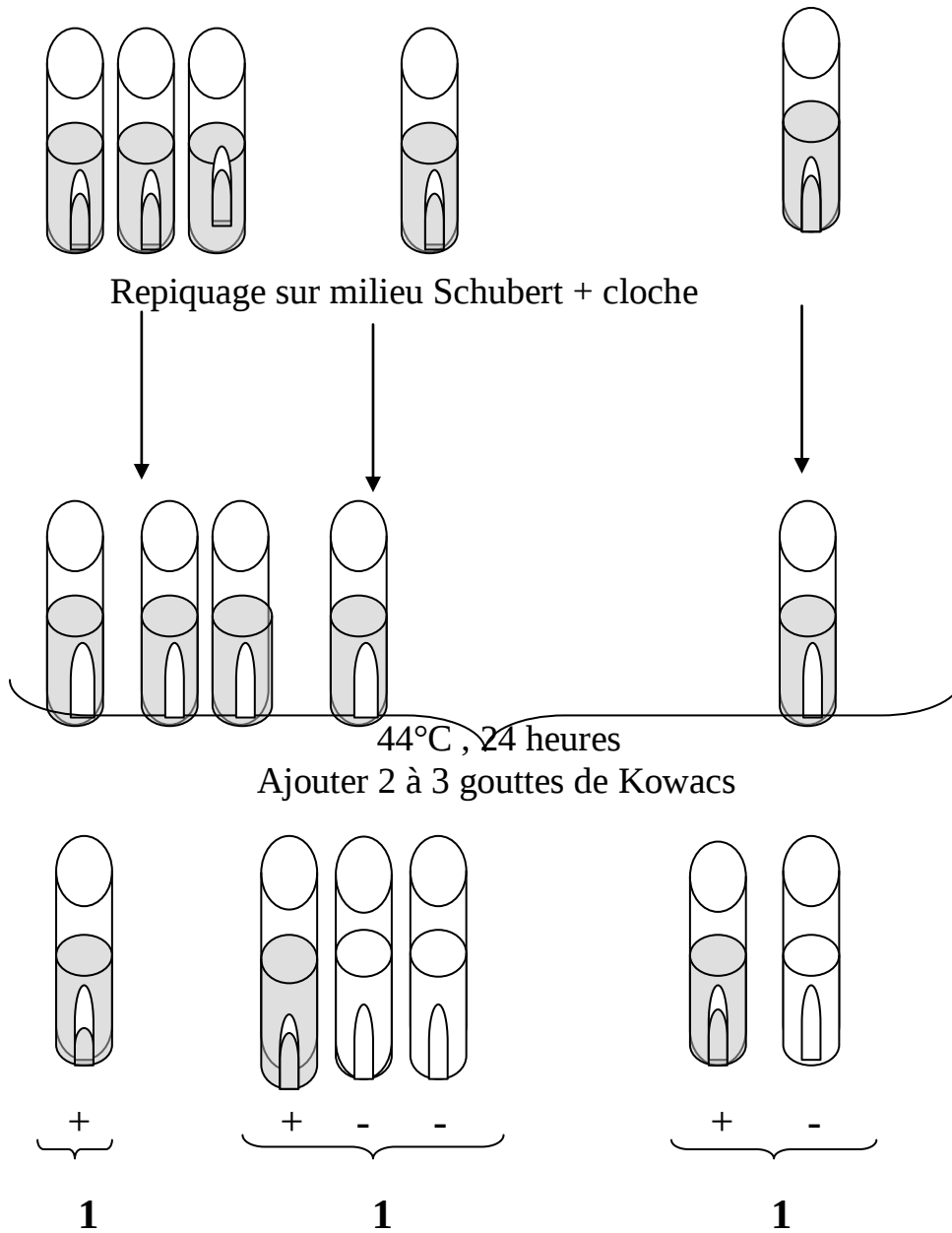


Schéma n°2

. STREPTOMETRIE

**Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide :
Test de Présomption**

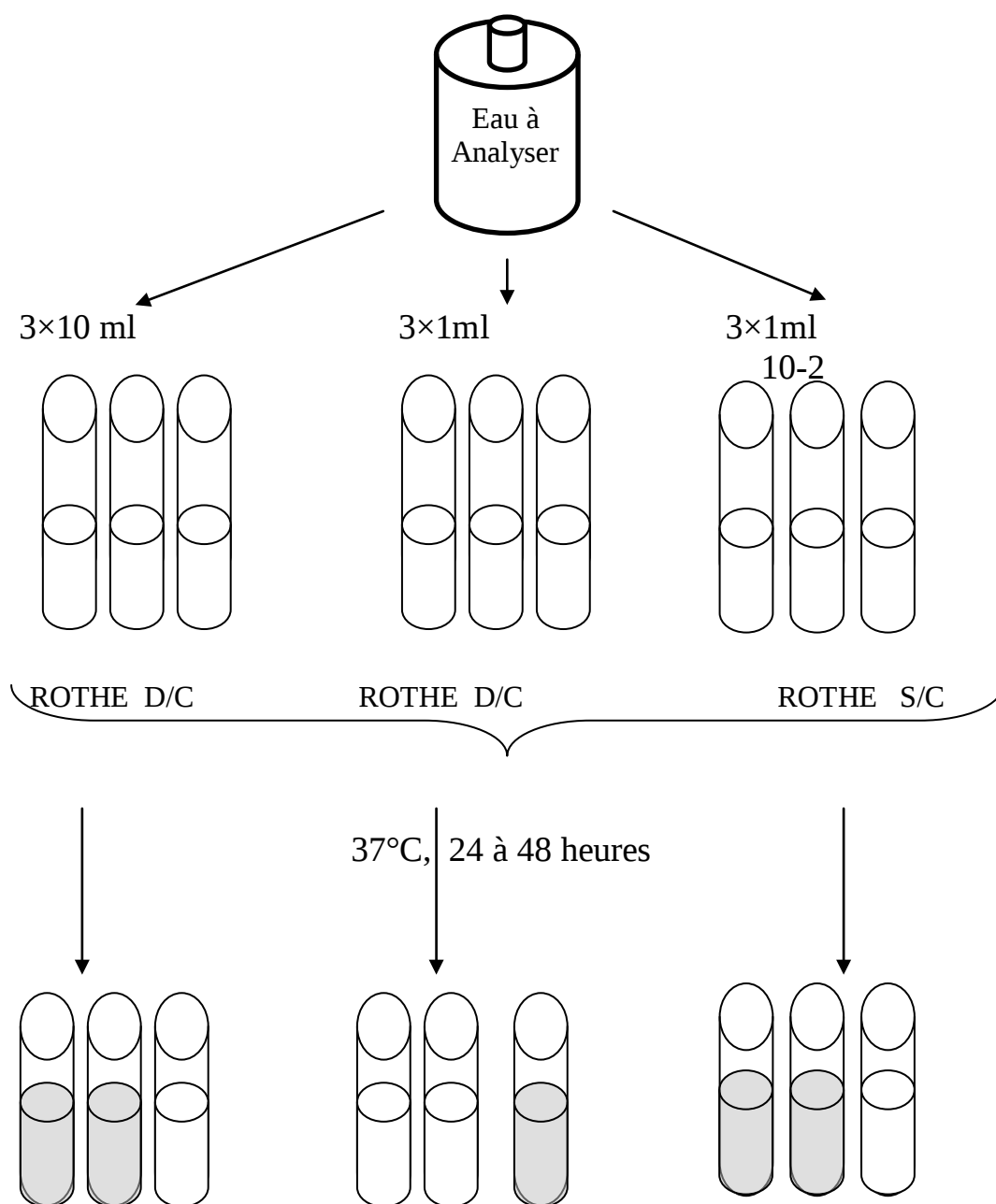


Schéma n°3

STREPTOMETRIE

Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux en milieu liquide : Test de confirmation

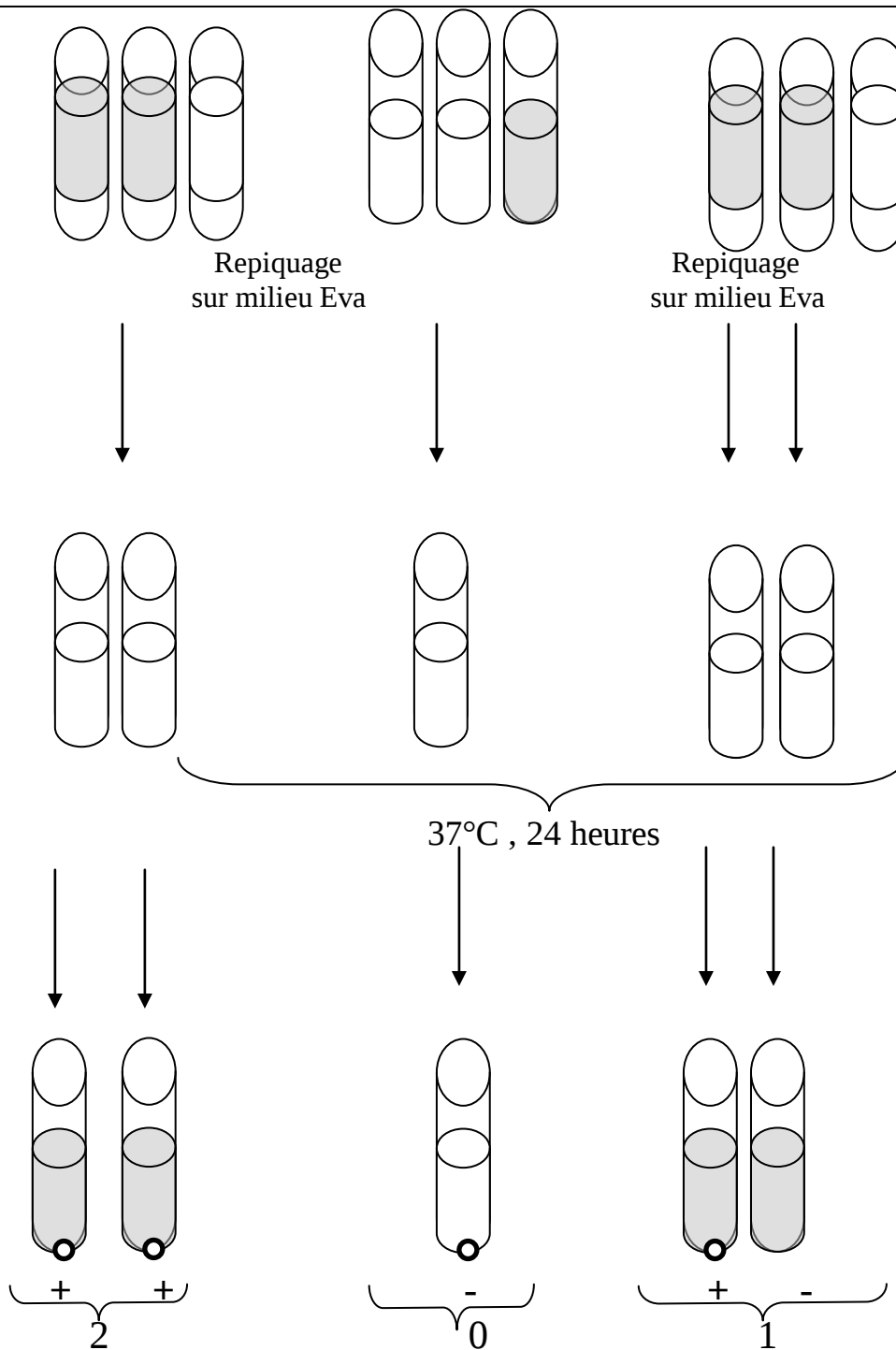


Schéma n°3

Annexe 2 : Composition des milieux de cultures et des réactifs

Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL S/C) :

Extrait de viande de bœuf.....	3g/l
Peptone.....	5g/l
Lactose.....	5g/l
Pourpre de bromocresol.....	0,3g/l
Eau distillé.....	1000ml
Ajuster à pH 6.7	
Stériliser 15mn à 121°C	

Bouillon Schubert :

Peptone.....	10g/l
Tryptone.....	10g/l
Acide glutamique.....	0,2g/l
Tryptophane.....	0,2g/l
Sulfate de magnésium.....	0,7g/l
Sulfate d'ammonium.....	0,4g/l
Citrate de sodium.....	0,5g/l
Chlorure de sodium.....	02g/l
Mannitol.....	7g/l
Eau distillée.....	q.s.p 1000ml
Ajuster à pH 7.6 ± 0.2	

Eau physiologique :

Chlorure de sodium	9g/l
Eau distillée	1000ml
Stériliser à 120°C pendant 15mn	

***Réactif d'Erlich-Kowacs :**

Paradiméthylamine-benzoldehyde.....	5g/l
Alcool amylique.....	75g/l
HCl pure	35g/l

Annexe 3: TABLE DE MAC – GRADY (galerie de 3)

Nombre Caractéristique	Nombre de Micro-organismes
000	0,0
001	0,3
010	0,3
011	0,6
020	0,6
100	0,4
101	0,7
102	1,1
110	0,7
111	1,1
120	1,1
121	1,5
130	1,6
200	0,9
201	1,4
202	2,0
210	1,5
211	2,0
212	3,0
220	2,0
221	3,0
222	3,5
223	4,0
230	3,0
231	3,5
232	4,0
300	2,5
301	4,0
302	6,5
310	4,5
311	7,5
312	11,5
313	16,0
320	9,5
321	15,0
322	20,0
323	30,0
330	25,0
331	45,0
332	110,0
333	140,0

Annexe 4 : Normes nationales pour la qualité des eaux de baignades

Le présent décret N°93-164 était publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

**Fait à Alger, le 10 juillet 1993.
Bélaïd ABDESSELAM.**

QUALITE REQUISE DES EAUX DE BAIGNADE

PARAMETRES	UNITES	VALEURS GUIDES	VALEURS LIMITES
MICROBIOLOGIQUES			
1. Coliformes totaux	/100 ml	500	10.000
2. Coliformes fécaux	/100 ml	100	2.000
3. Streptocoques"	/100 ml	100	-
4. Salmonelles	1 L	-	0
5. Enterovirus	PFU/ 1 OL	-	0
6. Vibron cholérique	/450 ml	-	0

- Lorsque les concentrations sont inférieures ou égales aux valeurs guides, l'eau est de bonne qualité bactériologique (BQB)
- Lorsque les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites, l'eau est de qualité acceptable (QBA)
- Lorsque les concentrations sont supérieures aux valeurs limites, l'eau est de mauvaise qualité (MQB)

Annexe 5 : Résultat d'analyses statistiques

- Les coliformes totaux :

RAPPORT DÉTAILLÉ

Secteur	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Est	90	45420	504,6666667	597641,3258
Centre	251	1195274	4762,047809	365107215,9
Ouest	280	593931	2121,182143	21966350,44

ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	1554663201	2	777331601	4,9291792	0,007519339	3,010301
A l'intérieur des groupes	97458605831	618	157700009			
Total	99013269032	620				

*Test de Student :

	t	ddl	t critiques	Décision
Est-Centre	-3,522	252	1,969	H0 rejetée
Est-Ouest	-5,542	321	1,967	H0 rejetée
Centre-Ouest	2,133	277	1,969	H0 rejetée

- Les coliformes fécaux :

RAPPORT DÉTAILLÉ

Secteur	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Est	90	12638	140,422222	144839,3703
Centre	251	922633	3675,82869	360435450,1
Ouest	280	309857	1106,63214	8704944,85

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>ddl</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	1239585463	2	619792732	4,138629032	0,016388778	3,010301019
A l'intérieur des groupes	92550432833	618	149757982			
Total	93790018296	620				

Test de Student :

	t	ddl	t critiques	Décision
Est-Centre	-2,94862295	251	1,96946017	H0 rejetée
Est-Ouest	-5,34328256	306	1,96774667	H0 rejetée
Centre-Ouest	2,12114037	261	1,96909467	H0 rejetée

- Les streptocoques fécaux :

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Secteur</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Est	90	14046	156,066667	245725,591
Centre	251	893800	3560,95618	360821915
Ouest	280	179602	641,435714	4697168,77

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>ddl</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	1395921594	2	697960797	4,7121462	0,0093108	3,010301
A l'intérieur des groupes	91537858325	618	148119512			
Total	92933779919	620				

***Test de Student :**

	t	ddl	t critiques	Décision
Est-Centre	-2,83714413	251	1,96946017	H0 rejetée
Est-Ouest	-3,47527539	348	1,96680415	H0 rejetée
Centre-Ouest	2,42093185	256	1,96927383	H0 rejetée

- Les coliformes totaux :

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Est	77	42617	553,467532	549783,621
Centre	203	297210	1464,08867	11620599
Ouest	232	302773	1305,05603	1265025,48

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>ddl</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	47351447	2	23675723,5	4,4943308	0,01161906 3	3,0134331 2
A l'intérieur des groupes	2681365436	509	5267908,52			
Total	2728716883	511				

*Test de Student :

	<i>t</i>	<i>ddl</i>	<i>t critiques</i>	Décision
Est-Centre	-3,58878531	245	1,96969387	H0 rejetée
Est-Ouest	-6,69761156	198	1,97201743	H0 rejetée
Centre-Ouest	0,63513023	240	1,96989758	H0 retenue

- Les coliformes fécaux :

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Secteur</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Est	77	19144	248,623377	240935,712
Centre	203	130763	644,152709	4769243,89
Ouest	232	177245	763,987069	801679,008

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>ddl</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	15363970,2	2	7681985,1	3,350909 7	0,03582743 4	3,0134331 5
A l'intérieur des groupes	1166886231	509	2292507,33			
Total	1182250202	511				

***Test de Student :**

	t	ddl	t critiques	Décision
Est-Centre	-2,4241051	248	1,9695756	H0 rejetée
Est-Ouest	-6,35112747	240	1,96989758	H0 rejetée
Centre-Ouest	-0,72997403	261	1,96909467	H0 retenue

• **Les streptocoques fécaux :**

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Secteur</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Est	77	7731	100,402597	54949,0595
Centre	203	95479	470,339901	3213052,29
Ouest	232	108955	469,633621	1666824,16

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>ddl</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	8934783,28	2	4467391,6 4	2,190131 8	0,1129554 5	3,0134331 2
A l'intérieur des groupes	103824907 4	509	2039782,0 7			
Total	104718385 7	511				

Annexe 6 : Résultats des analyses effectuées de (Mai.2009)

stations	A	CT	CF	ST	PH	S (psu)	TU (ntu)	MES (mg/l)	Cd (ms/cm)
1	0,1	11000	4500	40	8,37	34,6	3,59	35	32,4
2	0,08	14000	11000	150	8,42	32,4	3,06	20	55,6
3	0,053	14000	4500	200	8,5	35,2	11,3	61	54,2
4	0,05	11000	1500	200	8,55	34,7	13,1	41	55
5	0,039	14000	2500	450	8,4	36,3	0,85	24	55,2
6	0,025	4500	1500	90	8,47	36,7	1,91	8	55,3
7	0,016	4500	300	150	8,52	36,8	0,98	9	55,3
8	0,016	14000	4500	200	8,47	36,7	1,39	9	55,1
9	0,086	2500	2400	2400	8,5	36,6	0,69	11	55,5
10	0,088	4500	4500	450	8,63	36,7	0,93	16	55,5
11	0,095	14000	140	14000	8,6	36,6	1,53	32	54,7
12	0,076	14000	2000	650	8,57	36,1	1,77	11	55,1
13	0,069	14000	11000	300	8,38	36,4	7,28	58	55,4
14	0,085	14000	14000	400	8,38	36,2	8,1	92	55,8
15	0,048	2500	2500	1500	8,5	36,4	0,75	13	55,4
16	0,049	2000	2000	750	8,47	36,2	0,73	14	55,6
17	0,04	11000	2500	2500	8,52	36,1	0,96	17	55,8
18	0,37	2000	350	60	8,38	36,7	1,3	12	55,4
19	0,063	300	70	30	8,43	36,6	1,28	11	55,1
20	0,065	400	90	40	8,41	36,3	0,98	10	55,7

Annexe 7: Résultats des analyses effectuées (Mai.2004)

station	T°C	PH	O 2	S(psu)	longitude	latitude	T°C
1	16,50	7,90	7,90	36,066	2.86129	36.7792	16,50
2	16,80	7,83	7,70	36,149	2.84125	36.7583	16,80
3	16,40	7,86	8,40	36,585	2.836111	36.7889	16,40
4	16,40	7,90	8,20	36,656	2.816667	36.7976	16,40
5	16,60	7,88	7,60	36,176	2.924444	36.8122	16,60
6	16,4	7,9	7,9	36,165	3.143333	36.8833	16,4
7	16,30	7,90	8,20	36,577	2.916667	36.8322	16,30
8	16,90	7,95	7,95	36,541	3.038889	36.8256	16,90
9	16,90	7,96	7,90	36,200	3.080556	36.7733	16,90
10	17,20	7,89	7,70	36,066	3.180278	36.7514	17,20
11	16,90	7,96	8,10	36,394	3.133333	36.7756	16,90
12	17	7,98	7,90	36,176	3.218056	36.764	17
13	16,80	8,14	8,20	36,475	3.191667	36.8097	16,80
14	17,60	8,14	8,10	36,529	3.219444	36.8133	17,60
15	17,50	8,13	8,20	36,517	3.29417	36.8833	17,50
16	17,40	8,11	8,20	36,410	3.36	36.831	17,40

Annexe 8 : tableau qui donne les différentes radiométrie des 8 objets choisis

station	canal	Variation du compte numérique											
13	XS1	92	88	83	79	75	71	67	62	58	54	50	46
	XS2	69	66	63	61	58	55	52	50	47	44	41	38
	XS3	32	29	27	24	22	19	17	14	12	9	7	4
14	XS1	79	33	29	25	20	16	12	8				
	XS2	75	44	27	25	22	19	16	13				
	XS3	52	29	19	17	14	12	9	7				
5	XS1	79	71	50	41	37	33	29	25				
	XS2	47	44	33	30	27	25	22	19				
	XS3	37	27	24	22	19	17	14	12				
4	XS1	92	88	83	75	71	67	58	54	50	46	41	
	XS2	61	58	55	50	47	44	41	38	36	33	30	
	XS3	32	29	27	24	22	19	17	14	12	9	7	
1	XS1	71	67	58	54	50	46	41	37	33	29	25	
	XS2	47	36	33	30	27	25	22	19	16	13	11	
	XS3	29	24	22	19	17	14	12	9	7	4	2	
20	XS1	54	50	46	41	37	33	29					
	XS2	25	22	19	16	13	11	8					
	XS3	19	17	14	12	9	7	4					
15	XS1	83	75	71	62	58	54	50	46	41	37	33	
	XS2	50	47	44	41	38	33	30	27	25	22	19	
	XS3	32	29	27	24	22	19	17	14	12	9	7	
19	XS1	25	20	16	12	8							
	XS2	27	25	22	19	13							
	XS3	27	22	19	17	14							

Annexe 9 : variation du compte numérique en fonction de la profondeur et la distance par rapport à la cote

stations			CN		
	Z (m)	D (m)	X1	X2	X3
13	1	4,7	88	66	34
	3	9,6	83	63	32
	23	18,6	79	61	29
	37	33	75	58	27
	49	43,7	71	55	24
	65	57,8	67	52	22
	74	63,8	62	50	19
	77	69,5	58	47	17
	83	77,5	54	38	14
	88	83,8	50	36	12
	103	91,3	46	30	9
14	165	112,1	41	22	7
	8	118,5	89	74	50
	9	116,4	47	52	37
	19	105,6	27	29	33
	24	96,6	25	19	29
	30	85	22	17	25
	34	77	19	14	20
	36	65,8	13	12	16
	37	52,9	11	9	12
4	41	23,7	8	7	4
	1	3,39	96	89	49
	5	5,5	88	55	34
	9	10,4	83	50	32
	18	17,21	79	47	29
	30	27,97	75	44	27
	39	35,49	67	41	24
	46	43,3	62	38	22
	54	50,2	58	36	19
	58	58,2	50	33	17
	64	65,8	47	30	14
	62	78,2	44	27	12
1	88	91,9	41	19	9
	139	101,4	29	13	7
	2	7,62	75	63	64
	8	11,96	71	52	39
	24	21,55	67	50	34
	30	38,23	58	47	32
	34	46,01	54	36	29
	35	52,9	50	33	24
	37	70,3	46	30	22
	42	85	41	27	19
	46	105,7	37	25	17
	47	113,1	19	13	12

Summary:

In this work we try to combine between the physico-chemical, bacteriological and satellite data for coastal waters of different qualities. To accomplish this work we adopted the following methodology: - Based on a database of Bacteriological (2006-2008) the beaches of the coast of Algiers. A statistical study has allowed us the choice of a score of beaches with high contrast. - Secondly, the beaches have been selected for sampling. The samples are analyzed in the laboratory using different techniques: Bacteriological, physicochemical and spectral

According to the results we can conclude that: The Algerian coastal marine waters are characterized in a comprehensive manner by a salinity of 35 472 PSU, this corresponds to a conductivity salinity averaged 53.55 Ms / Cm, a hydrogen potential of 8.4685, reflecting a high alkalinity, we can say that seawater is an Algerian coastal slightly basic medium which corresponds to an environment rich in bacteria and significantly reducing, due to the abundant presence of dissolved organic matter and this is confirmed by microbiological results obtained. The results of spectral analysis revealed that MES have a significant effect on color and the absorbance of seawater significant absorption is observed for the coastal waters of the Algerian coast rich suspensions of organic origins. For filtered water (clear) the absorbance is minimum for the blue color, whereas for the turbid water and suspended matter in charge is the minimum for green and yellow. SPOT allows observation green, yellow and red. We have located the samples taken from the images using the geo-MAPINFO. In the Bay of Algiers, which has a significant heterogeneity of the suspended matter we have drawn four radials. For each radial accounts we collected digital bathymetry and distance from the coast. The analysis of results showed us that station with high TSS has radiometric strong and tend to be colored to red cons low radiometric stations tend to have the color blue. These queries we showed that the color is linked to both the SPM load and bathymetry. The multispectral analysis is a basic tool for quantitative information that requires a qualitative study.

Keywords: physico-chemical, bacteriological analysis, suspended matter, color, bathymetry, satellite imagery

ملخص:

نريد من خلال هذه الدراسة الربط بين الخصائص الفيزيوكيميائية، البكتيرية و معطيات الأقمار الصناعية لمياه ساحلية ذات طبيعة مختلفة. ومن أجل تحقيق هذا العمل اتبعنا الطريقة التالية:

1-اعتمدنا على معطيات الدراسة البكتيرية (2006-2009) لشواطئ مدينة الجزائر قمنا بعد دراسة إحصائية استخراج الشواطئ الأكثر تضررا.

2-جمع عينات لهذه المياه ثم تحليلها مخبريا واستخراج الخصائص الفيزيوكيميائية، البكتيرية و الضوئية. تحليل النتائج المخبرية بينت لنا مايلي :

تتميز مياه ساحل مدينة الجزائر بملوحة تقدر ب35.472 و ناقلية تقدر ب53.55، أما درجة حموضتها تساوي 8.4685.

من خلال هذه النتائج نستطيع القول ان مياه ساحل مدينة الجزائر قاعدية وهذا ما أدى الى تراكم البكتيريا نظرا لوجود المواد العضوية بوفرة في الوسط. وهذا مبيته نتائج الدراسة الميكروبيولوجية.

نتائج التحليل الضوئي بينت لنا ان المواد العالقة لها تأثير كبير على لون و قدرة امتصاص مياه البحر. حيث نلاحظ ان الامتصاص يكون كبيرا في المياه الساحلية الغنية بالمواد العضوية.

المفردات الهامة: الفيزيائية والكيميائية، والتحليل الجرثومية اللون أو صور الأقمار الصناعية قياس الأعماق ،