

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



Badji Mokhtar University
Université Badji Mokhtar - Annaba – Algérie

**Laboratoire d'Ecobiologie
des
Milieux Marins et Littoraux**

Faculté des sciences
Département des Sciences de la Mer

Année 2015

Thèse

**Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat ès Sciences de la Mer**

Thème:

**Evaluation bactériologique des zones de baignade
de la baie de Skikda (N. E. Algérien).**

Option: Sciences de la Mer

Par: Salah BOUHAYENE

A. B. DJEBAR *Directeur* *Pr.* *Université Badji Mokhtar - Annaba - Algérie*

Devant le jury:

M. BENSOUILLAH *Président* *Pr.* *Université Badji Mokhtar - Annaba - Algérie*

B. OUDDANE *1^{er} Examineur* *Pr.* *Université de Lille 1 - France.*

R. ZAGHDOUDI *2^{ème} Examineur* *Pr.* *Université du 20 Août 1955 - Skikda – Algérie*

L. MEZEDJERI *3^{ème} Examineur* *MCA.* *Université du 20 Août 1955 - Skikda – Algérie*

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes parents,

Ma femme,

Mes enfants : Yanis-Hani et Fadi,

Ma famille,

Ma belle-famille.

« C'est dans l'effort que l'on trouve la satisfaction et non dans la réussite. Un plein effort est une pleine victoire ».

Mohandas Karamchand Gandhi

Remerciements

Ces quelques lignes me permettront de remercier les responsables et les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail tant au niveau scientifique qu'au niveau personnel, sans leur aide, ce travail n'aurait pas pu aboutir à sa fin.

Je tiens tout d'abord à remercier mon Directeur de thèse, le Professeur **DJEBAR A / Borhane**, qui a dirigé ce travail, ça ne sera jamais suffisant pour lui exprimer ma grande reconnaissance pour la confiance qu'il m'a accordé pour faire avancer ce travail, pour sa patience, sa gentillesse et son esprit responsable, critique et rigoureux.

Je tiens à remercier le Professeur **BENSOUILAH Mourad** de l'université Badji Mokhtar de Annaba pour avoir accepté de présider le Jury de ma thèse. Je remercie vivement le Professeur **OUDDANE Baghdad** de l'Université Lille 1 - France - et la Professeure **ZAGHDOUDI Rachida** et le Docteur **MEZEDJRI Lyamine** de l'université 20 Août 1955 de Skikda de bien vouloir accepter de juger mon travail.

J'adresse également mes remerciements pour le professeur **TAHAR Ali** pour son aide précieuse pour les analyses statistiques.

A toutes les personnes citées et à celles que j'ai certainement oubliées, Merci.

Résumé

La région de Skikda (Nord Est Algérien) est caractérisée par un pôle industriel d'importance internationale dominé par le complexe pétrochimique, 5 ports: industriel, voyageur et de pêche, une superficie agricole de plus de 19000 ha et un littoral de 142 Km comprenant 9 ZET.

Dans cette région les rejets sauvages solides et liquides impactent directement les qualités physico-chimiques et bactériologique des eaux superficielles de 14 stations de baignade que nous avons regroupées en 3 sous zones. Ainsi, nous avons mesuré les températures, pH, salinité, conductivité électrique et taux de saturation en O₂ dissous et quantifié les coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF) et streptocoques fécaux (SF) mensuellement entre juin 2008 et mai 2011.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux de baignade sont caractérisées par des valeurs moyennes des températures de 19,489 °C et des pH de 7,97 et une minéralisation naturelle moyenne comme l'indique les valeurs de la conductivité électrique de 55, 616 µs /cm avec un taux de saturation en O₂ de 99.29 %.

Les résultats des analyses bactériologiques montrent une présence de CT, de CF et de SF dans toutes les stations d'étude, avec respectivement des moyennes générales de 159,802 UFC, 0,291 UFC et 38,7529 UFC dans 100 ml d'eau.

Pour mieux comprendre les interactions entre les paramètres mesurés nous avons exploité l'ensemble de nos résultats par des méthodes statistiques univariées et multivariées.

La comparaison des résultats entre stations, montre que pour la température, pH, salinité et taux de saturation en O₂ on note une absence de différence significative seule la conductivité électrique présente une différence très hautement significative. Pour les paramètres bactériologiques cette comparaison, révèle l'existence d'une différence significative pour les CF et des différences hautement significatives pour les variables CT et SF.

La comparaison des résultats physico-chimiques entre mois montre des différences très hautement significatives dans les 14 stations alors qu'on rencontre des différences significatives pour les CF et l'absence de différences significatives pour les CT et les SF.

La comparaison générale des données entre stations, montre l'existence de différences juste significatives pour les CF, et hautement significatives pour les variables CT et SF et très hautement significatives pour la T, conductivité électrique et O₂ dissous ($P < F$), et l'absence de différences significatives pour la salinité et le pH ($P > F$). Tandis la comparaison entre mois montre l'existence de différences très hautement significatives pour l'ensemble des variables T, salinité, pH, conductivité électrique et l'O₂ dissous, et hautement significatives pour les CF ($P < F$) et l'absence de différences significatives pour chacune des variables CT et SF ($P > F$).

Ces différences significatives constatées sont liées à la nature de l'activité du littoral, aux différents types d'eau rejetées et charriées par le bassin versant du Saf saf sur le golfe et aux caractéristiques propres à chaque milieu.

La pollution du golfe de Skikda est d'origine principalement ou entièrement d'origine animale le rapport quantitatif ($R = CF / SF$) dans les eaux de baignade est $< 0,7$.

Les variations physico-chimiques et les contaminations bactériologiques restent conformes aux normes Algériennes requises à la qualité des eaux de baignade.

Mot-clés: pollution, littoral, physico-chimie, bactériologie, contamination.

Abstract

Skikda located on North Eastern Algeria is characterized by an important international pole dominated by the petrochemical complex, 5 harbors, industrial, traveling and fishing, an agricultural area of over 19,000 hectares and a coastline of 142 km including ZET 9.

In this region the uncontrolled releases solid and liquid waste directly impact the physico-chemical and bacteriological quality of surface waters of 14 bathing stations. We grouped into three sub-areas. Thus, we measured the temperature, pH, salinity, conductivity and saturation levels of dissolved O₂ and quantified the total coliform (TC), fecal coliform (FC) and fecal streptococci (FS) monthly between June 2008 and May 2011. The results of the physicochemical analyzes show that bathing water are characterized by average values of the temperatures of 19.489 ° C, pH of 7.97 and an average natural mineralization as indicated by the values of the electric conductivity of 55, 616 microseconds / cm with a saturation level of 99.29% O₂. The bacteriological results show the presence of CT, CF and SF in all study sites, with respective overall averages 159.802 UFC, UFC and 38.7529 0.291 CFU in 100 ml of water.

To better understand the interactions between measured parameters we used all of our results by univariate and multivariate statistical methods. Comparison of results between stations shows for temperature, pH, salinity and O₂ saturation level there are no significant difference only for electrical conductivity.

Moreover comparison of bacteriological parameters reveals a significant difference for the CF and highly significant for CT and SF variables differences. Comparison of results between physicochemical months discloses very highly significant differences in the 14 stations when we run into significant differences in CF and the absence of significant differences for CT and SF. Overall comparison of data between stations, shows the existence of significant differences just for CF, and highly significant for the CT and SF variables and very highly significant for the T, electrical conductivity and dissolved O₂ (P < Fobs), and the absence significant for salinity and pH (P > Fobs) differences. While comparing month shows the existence of very highly significant differences for all variables Temperature, salinity, pH, electrical conductivity and dissolved O₂, and highly significant for CF (P < Fobs). And no significant differences for each of the CT and SF (P > Fobs) variables.

These noted significant differences are related on the nature of the activity of the littoral, the various types of water rejected and carted by the areacatchment of Saf saf on the gulf and to the specific characteristics to each medium.

The pollution of the gulf of Skikda is of origin mainly or entirely of animal origin the quantitative report (R = CF/SF) in bathing waters is < than 0.7.

The physicochemical variations and the bacteriological contaminations remain in conformity with the necessary Algerian standards with the quality of bathing waters.

Keyword: pollution, littoral, physicochemistry, bacteriology, contamination.

المخلص

سكيدة التي تقع في " يتسم بقطب دولي هام تهيمن مجمع البتروكيمياويات، والمرافئ 5، الصناعية، سفر والصيد للأسماك، ومنطقة زراعية لأكثر من 19,000 هكتارا وخط ساحلي طوله 142 9 مناطق للتوسع السياحي (ZET).

في هذه المنطقة النفايات الغير المنضبط الصلبة والسائلة لها أثر مباشرة علي النوعية الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية للمياه السطحية لـ 14 فرعية. وهكذا، قمنا بقياس مستويات درجة الحرارة ودرجة الحموضة والملوحة، الموصلية والتشبع O_2 كميًا القولونيات الكلي (CT) والقولونيات البرازية (CF) والعقديات البرازية (SF) شهريا بين جوان 2008 2011.

نتائج التحليل الفيزيوكيميائية تظهر أن مياه الاستحمام تتسم بقيم متوسط درجات الحرارة بـ 19.489 درجة مئوية، ودرجة الحموضة بـ 7.97 وتمعدن طبيعية متوسط كما هو مبين بقيم الموصلية الكهربائية بـ 55.616 ميكروثانية/ O_2 99.29%. نتائج البكتريولوجية أظهرت وجود لـ CT CF SF في جميع مواقع الدراسة بمعدل 159.802 38.7529 0.291 UFC 100.

لفهم أفضل التفاعلات بين القياسات استخدمنا كل النتائج التي توصلنا إليها بالأساليب الإحصائية وحيد المتغير والمتعدد. وتبين مقارنة النتائج بين المحطات لدرجة الحرارة ودرجة الحموضة والملوحة ومستوى O_2 لا يوجد فرق كبير فقط التوصيل الكهربائي يعرض فارق كبير مقارنة المعايير البكتريولوجية يكشف عن وجود اختلاف كبير لـ CF وإختلافات هامة للغاية بالنسبة لمتغيرات CT SF.

مقارنة النتائج الفيزيوكيميائية بين الأشهر، تكشف عن فروق كبيرة جداً في 14 إختلافات هامة جداً لـ CF م وجود إختلافات كبيرة بالنسبة لمتغيرات CT SF. المقارنة العامة للبيانات بين المحطات، تبين وجود إختلافات فقط لـ CF، وبالغة الأهمية بالنسبة لمتغيرات CT SF. وهامة جداً لـ درجة الحرارة، الموصلية الكهربائية و O_2 ($P < F$)، وفي غياب كبير للتغيرات الملوحة ودرجة الحموضة ($P > F_{obs}$). حين المقارنة للأشهر تبين وجود إختلافات هامة جداً لـ جميع المتغيرات درجة الحرارة والملوحة ودرجة الحموضة، الموصلية الكهربائية و O_2 المذاب، وبالغة الأهمية لـ CT ($P > F_{obs}$). لكل من المتغيرات CT SF ($P < F_{obs}$).

وتتعلق هذه الإختلافات الهامة بطبيعة النشاط الساحلي، و للأنواع المختلفة لتصريف المياه الأتية عن طريق مستجمع المياه Saf saf في الخليج وإلى الخصائص المحددة لكل مكان.

إن تلوث خليج سكيدة ذو طبيعة عامة أو كلية من أصل حيواني ($R=CF/CT$) لأنه > 0.7 في مياه الاستحمام.

التغيرات الفيزيوكيميائية والتلوث البكتريولوجي يبقى متطابق مع المعايير الجزائرية اللازمة لنوعية مياه الاستحمام.

الكلمات الرئيسية: التلوث، الساحل، الفيزيوكيميائية، علم الجراثيم، التلوث.

Sommaire

Introduction	1
1. Généralités	5
1. 1. Présentation de la zone d'étude (ZE)	5
1. 1. 1. Géographie de la ZE ..	5
1. 1. 2. Climatologie de la ZE	7
1. 1. 3. Océanographie du littoral de la ZE	8
1. 1. 3. 1. Bathymétrie	8
1. 1. 3. 2. Hydrodynamisme.....	8
1. 1. 3. 3. Courant	9
1. 1. 3. 4. Hydrographie	10
1. 1. 4. Anthropogénie de la ZE	11
1. 1. 4. 1. Population	11
1. 1. 4. 2. Assainissement	12
1. 1. 4. 3. Activités économiques	13
1. 1. 4. 3. 1. Industrie.....	13
1. 1. 4. 3. 2. Agriculture	17
1. 1. 4. 3. 3. Tourisme	17
1. 1. 4. 3. 4. Activités portuaires	17
1. 1. 4. 3. 5. Pêche	18
1. 2. Principaux paramètres considérés	19
1. 2. 1. Polluants physico-chimiques des eaux	19
1. 2. 1.1. Température	19
1. 2.1.2. Salinité.....	19
1. 2.1.3. pH	20
1. 2.1.4. Oxygène dissous	20
1. 2.1.5. Conductivité électrique de l'eau	21
2.2. Bactériologie des eaux	21
2.2.1. Germes indicateurs de contamination fécale	22
2.2.1.1. Coliformes totaux et thermotolérantes	22
2.2.1.2. Streptocoques fécaux, streptocoques de groupe D et entérocoques fécaux.	23
2.2.2. Principaux risques liés à la baignade.....	24
2. Matériels et Méthodes	26
2. 1. Zone et stratégie d'échantillonnage	26
2. 2. Lieux et technique d'échantillonnage.....	27
2. 3. Analyses des échantillons	35
2. 3. 1. Physico-chimie des eaux	35
2. 3. 2. Bactériologie des eaux	35
2. 3. 3. Calcul de l'indice de Bourgeois: Rapport CF/SF.	42
2. 4. Méthodes d'analyse statistique	42
2. 4. 1. Méthodes statistiques Univariées	43
2. 4. 1. 1. Comparaison entre années des caractéristiques des moyennes: test de Student pour échantillon indépendant.	43

2. 4. 1. 2. Comparaison entre station des caractéristique des moyennes: test de l'analyse de la variance	44
2. 4. 2. Méthodes statistiques multivariées.....	44
2. 4. 2. 1. Comparaison entre stations pour l'ensemble des caractéristiques: test d'analyse de la variance multivarié MANOVA.	44
2. 4. 2. 2. Recherche de stations similaires: analyse en composantes principales (ACP)	45
2. 4. 2. 3. Recherche de classes de stations homogènes: analyse hiérarchique ou classification hiérarchique.	46
3. Résultats et interprétations.	47
3. 1. Résultats des analyses physico-chimiques.	47
3. 1. 1. Résultats des analyses statistiques univariées.....	47
1.1.1. Présentation des données	47
1.1.2. Analyse de la variance univariée ANOVA.	51
3. 1. 2. Résultats des analyses statistiques multivariées.....	53
3. 1. 2. 1. Test d'analyse de la variance multivariée.	53
3. 1. 2. 2. Analyse en composantes principales (ACP)	55
3. 1. 2. 3. Analyse hiérarchique.....	57
3. 2. Résultats des analyses bactériologiques.....	60
3. 2. 1. Résultats des analyses statistiques univariées.....	60
3. 2. 1. 1. Présentation des données.	60
3. 2. 1. 2. Analyse de la variance univariée ANOVA	63
3. 2. 2. Résultats des analyses statistiques multivariées.....	65
3. 2. 2. 1. Test d'analyse de la variance multivariée	65
3. 2. 2. 2. Analyse en composantes principales (ACP).....	66
3. 2. 2. 3. Analyse hiérarchique	69
3. 2. 3. Indice de Bourgeois: Rapport CF/SF.....	71
3. 3. Résultats de l'analyse générale des données.	72
3. 3. 1. Résultats des analyses statistiques univariées.	72
3. 3.1.1. Analyse de la variance univariée ANOVA.	72
3. 3. 2. Résultats des analyses statistiques multivariées.	74
3. 3. 2. 1. Test d'analyse de la variance multivariée.	74
3. 3. 2. 2. L'analyse en composantes principales ACP.	75
3. 3. 2. 3. Analyse hiérarchique.....	78
4. Discussion.	80
Conclusion.	91
Références bibliographiques.	95
Annexes.	100
Annexe 1: Activités scientifiques.	100
Annexe 2: Attestations de participations aux manifestations scientifiques.....	101

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Différentes matières produites du complexe CP1/K en 2007 et leurs domaines d'utilisations.	15
2	Différents produits du complexe RA1/K et leurs domaines d'utilisations (Raffinerie de Skikda, 2007).	16
3	Capacités d'accueil des principales plages de la baie de Skikda (ANPE, 1994).	17
4	Différents postes de chargement et leurs caractéristiques du nouveau port de Skikda.	18
5	Normes Algérienne de la qualité bactériologies des eaux de baignades. (JORA n°: 46 Décrit exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993).	22
6	Calcul du rapport $R = CF / SF$; origine de la contamination fécale. (Borrego et al., (1982))	24
7	Principaux maladies causées par les eaux récréatives contaminées (Merabtine et al., 1997).	25
8	Paramètres statistiques de la description des données de température récoltées dans les eaux de baignade en fonction des stations. n : nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, S : Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.	47
9	Paramètres statistiques de la description des données de la salinité récoltées dans les eaux de baignade en fonction des stations. n : Nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, S : Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.	48
10	Paramètres statistiques de la description des données du pH récoltées dans les eaux de baignade en fonction des stations. n : Nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, S : Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.	49
11	Représentation des paramètres statistiques de la description des résultats de la conductivité électrique obtenus dans les eaux de baignade en fonction des stations. n : Nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, S : Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.	50
12	Représentation des paramètres statistiques de la description des mesures d'O ₂ dissous récoltées dans les eaux de baignade en fonction des stations étudiées. n : Nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, S : Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.	51
13	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations, des moyennes de chacune des 5 variables physico-chimiques entre juin 2008 et mai 2011.	52
14	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 05 variables physico-chimiques entre juin 2008 et mai 2011.	53
15	Représentation des résultats des tests de la MANOVA appliquées entre station, des moyennes des paramètres physico-chimiques de juin 2008 à mai 2011 durant les 36 mois.	54

16	Représentation des résultats des tests de la MANOVA appliquées entre mois, des moyennes des chacune des 5 paramètres physico-chimiques de juin 2008 à mai 2011 dans les 14 stations.	54
17	Représentation des valeurs propres et pourcentages de variation totale expliqués par les 3 premiers axes principaux et pourcentages cumulés des moyennes des paramètres physico-chimiques.	55
18	Paramètres statistiques de la description des données des CT (UFC/100ml) mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations.	61
19	Paramètres statistiques de la description des données des CF (UFC/100ml) mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations.	62
20	Paramètres statistiques de la description des données des SF (UFC/100ml) mesurées au niveau des eaux de baignade en fonction des stations.	63
21	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations, des moyennes de chacune des 3 variables bactériologiques entre juin 2008 et mai 2011.	64
22	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 3 variables bactériologiques entre juin 2008 et mai 2011.	65
23	Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre station, des moyennes de chacune des 03 variables bactériologiques de juin 2008 au mai 2011 de l'ensemble des 36 mois.	65
24	Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre mois, des moyennes de chacune des 03 variables bactériologiques de juin 2008 au mai 2011 de l'ensemble des 14 stations.	66
25	Valeurs propres et pourcentages de variation totale expliqués par les trois premiers axes principaux et pourcentages cumulés.	67
26	Détermination de l'origine de la contamination fécale à partir du rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux (CF/SF).	72
27	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations, des moyennes de chacune des 8 variables entre juin 2008 et mai 2011.	73
28	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 8 variables entre juin 2008 et mai 2011.	74
29	Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre station, des moyennes de chacune des 8 variables de juin 2008 au mai 2011 de l'ensemble des 36 mois.	75
30	Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre Mois, des moyennes de chacune des 8 variables de juin 2008 au mai 2011 de l'ensemble des 14 stations.	75
31	Valeurs propres et pourcentages de variation totale expliqués par les 4 premiers axes principaux et pourcentages cumulés.	76

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Image satellitaire montrant la wilaya de Skikda (Earth Google 2014 modifiée). Les cercles jaunes correspondent au 3 sous zones : SZE 1 : Sous zone d'étude 1 représentant la commune de Skikda, SZE 2 : Sous zone d'étude 2 représentant la commune de Stora, SZE 3 : Sous zone d'étude 3 représentant la commune de Larbi ben M'hidi.	5
2	Schéma représentant la rose des vents dans le golfe de Skikda (LEM, 1998)	7
3	Carte de la circulation générale des eaux de surface dans la mer Méditerranée. (Millot and Taupier-Letage, modifiée 2005). ZE : Zone d'étude.	10
4	Carte montrant les daïra et commune de la wilaya de Skikda (Cadastre, 2004).	11
5	A : Représentation de la région de Skikda (N. E. Algérien), B : représentation des différentes wilayas limitrophes, C : représentation de la zone d'étude avec les différents sites d'échantillonnage) (Earth Google, 2014 modifiée). St. : Station d'échantillonnage, ZE : Zone d'étude, SZE1 : Sous zone d'étude 1, SZE2 : Sous zone d'étude 2, SZE3 : Sous zone d'étude 3, ZI : Zone Industrielle, P1 : Ancien Port, P2 : Port de Stora, P3 : Nouveau Port.	27
6	Image satellitaire représentant la station 1: La plage Château vert. (Google Earth, 2014 modifiée).	28
7	Image satellitaire représentant la station 2: La plage Casino. (Google Earth, 2014 modifiée).	29
8	Image satellitaire représentant la station 3: La plage Markette. (Google Earth, 2014 modifiée).	29
9	Image satellitaire représentant la station 4: La plage Militaire 1 (Google Earth, 2014 modifiée).	30
10	Image satellitaire représentant la station 5: La plage Militaire 2 (Google Earth, 2014 modifiée).	30
11	Image satellitaire représentant la station 6: La plage Paradis (Google Earth, 2014 modifiée).	31
12	Image satellitaire représentant la station 7: La plage Molo (Google Earth, 2014 modifiée).	31
13	Image satellitaire représentant la station 8: La plage Miramar (Google Earth, 2014 modifiée).	31
14	Image satellitaire représentant la station 9: La plage en face du camp d'étoile (Google Earth, 2014 modifiée).	32
15	Image satellitaire représentant la station 10: La plage du poste 1 (Google Earth, 2014 modifiée).	32

16	Image satellitaire représentant la station 11: La plage du poste 2 (Google Earth, 2014 modifiée).	33
17	Image satellitaire représentant la station 12: La plage du poste 3 (Google Earth, 2014 modifiée).	34
18	Image satellitaire représentant la station 13: La plage du poste 4 (Google Earth, 2014 modifiée).	34
19	Image satellitaire représentant la station 13: La plage du poste 5 (Google Earth, 2014 modifiée).	35
20	Schéma représentant le protocole expérimental de recherche et de dénombrement des germes totaux.	37
21	Schéma montrant le protocole expérimental de recherche et de dénombrement des coliformes avec identification d' <i>E. coli</i> . EM : Eau de mer.	39
22	Schéma représentant le protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux. EM : Eau de mer.	41
23	Représentation graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales.	56
24	Représentation graphique des points individus (St.) dans le plan factoriel 1-2.	57
25	Dendrogramme représentant le regroupement des 14 stations échantillonnées, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson.	59
26	Dendrogramme regroupant les 5 variables physico-chimiques, obtenu à l'aide du lien simple et de la distance du coefficient de corrélation.	60
27	Représentation graphique de la relation les valeurs propres en fonction du rang des composantes principales.	67
28	Représentation graphique des points individus (St.) dans le plan factoriel 1-2.	68
29	Dendrogramme du regroupement des 14 stations échantillonnées, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson	70
30	Dendrogramme du regroupement des 03 variables bactériologiques, obtenu à l'aide du lien simple et de la distance du coefficient de corrélation.	71
31	Représentation graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales.	76
32	Représentation graphique des points individus (St.) dans le plan factoriel 1-2.	77
33	Représentation graphique des paramètres physico-chimiques et bactériologiques étudiés dans le plan factoriel 1-2.	78
34	Dendrogramme du regroupement des 14 stations échantillonnées, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson.	79

Liste des abréviations

ACP: Analyse en composantes principales

BCPL: Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

CF: Coliformes fécaux

Cs: Conductivité électrique de l'eau en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

CT: Coliformes totaux

D/C: Double concentration

DBO: Demande biologique en oxygène

N.P.P: Nombre le plus probable

O.M.S.: Organisation mondiale de la santé

O.N.G.: Organisation non gouvernementale

S/C: Simple concentration

SF: Streptocoques fécaux

SZE: Sous zone d'étude

t: test de Student

TGEA: Gélose glucose tryptone

VG: Valeur Guide

VL: Valeur limite

ZE: Zone d'étude

ZET: Zone d'expansion touristique

Introduction

Introduction.

Le développement industriel, agricole et urbain est accompagné inévitablement par des problèmes de pollution de l'environnement aquatique. En effet, du fait de l'activité humaine, plusieurs milliers de substances chimiques arrivent à l'océan *via* l'atmosphère ou les eaux continentales exoréiques. Quelques-unes de celles-ci, comme les pesticides et les radioéléments artificiels, sont étrangères au milieu marin; d'autres existent déjà naturellement mais leurs concentrations sont altérées par l'intervention humaine.

L'impact de ces substances sur l'environnement est complexe, tant leurs actions toxiques peuvent être directes ou indirectes sur les individus, les populations ou les écosystèmes. Bien sûr, le rôle de l'excès de sels nutritifs dans l'eutrophication est maintenant largement documenté; mais celui d'autres composés chimiques sur la vie aquatique est encore très mal connu.

Cette situation a amené à diversifier les approches permettant d'appréhender l'état de la pollution des milieux aquatiques. Diverses stratégies ont été développées et mises en œuvre depuis la fin des années 70 (Goldberg, 1976). Elles concernent des approches complémentaires: les unes en écotoxicologie proprement dite et les autres à caractère biogéochimique dont le but est l'évaluation de la contamination, c'est-à-dire l'importance de la dissémination de l'apport anthropique. En d'autres termes, il s'agit d'évaluer l'état du milieu (ou de qualité du milieu ou encore du degré de détérioration du milieu) sans référence *a priori* aux effets biologiques induits par les changements anthropiques. En effet, des accidents, comme celui de Minamata (intoxication mortelle de population par la consommation de produits marins) (Ui and Kitamura, 1971) et le déclin de la population des pélicans d'Anacapa (effet sur la reproduction) étaient imprévisibles au moment de leur occurrence, les rôles respectifs du méthyl mercure et du DDT dans les maladies neurologiques et l'amincissement des œufs n'étant pas connu. La connaissance des variations des concentrations de ces substances dans l'environnement aurait probablement permis d'orienter la recherche des causes des perturbations observées. Un suivi des apports de substances anthropiques est donc important même en absence d'effets toxiques avérés sur les individus ou les écosystèmes.

Le manque de souci dans le passé à propos des décharges de produits hautement toxiques dans le milieu côtier, est attribué à l'hypothèse selon laquelle les océans sont des réceptacles à dilution et/ou à enlèvement infinis. Aujourd'hui ce concept n'est plus toléré. On parle de capacité d'acceptation d'un milieu, on définit des normes ou valeurs-guides de

rejets ou de concentration. Pour les fixer, une connaissance des niveaux et des apports de contaminants chimiques est nécessaire. La concentration d'un élément ou d'une substance à elle seule ne renseigne pas suffisamment. Dans une optique de gestion, il faut connaître les sources principales de contamination et déterminer leur temps de séjour dans le milieu.

Les eaux usées de la Wilaya de Skikda, au même titre que celles de plusieurs villes côtières à l'échelle nationale et mondiale, se déversent dans les eaux littorales constituant une perte d'un grand potentiel hydrique tout en provoquant des préjudices notables, à la fois pour l'écosystème et pour la santé de ses usagers. En effet, les eaux résiduaires sont susceptibles de renfermer et de véhiculer une grande variété d'agents pathogènes pour l'homme et pour l'animal. Le nombre et la variété des pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont généralement liés au niveau d'infestation de la population desservie. Ces pathogènes peuvent être à l'origine d'un certain nombre d'épidémies. Devant tous ces problèmes, liés d'une part à la destruction de l'environnement et d'autre part aux nuisances causées par la dégradation de ce milieu récepteur, des stations d'épuration des eaux usées ont été installées afin de mieux maîtriser et minimiser l'impact des rejets urbains au niveau de la wilaya de Skikda, mais reste non fonctionnelle. Cependant le rejet de ces eaux usées sans traitement préalable, posent de sérieux problèmes d'ordre sanitaire liés d'une part, au rejet de substances chimiques (détergents, métaux lourds,...) et d'autres part, au rejet de micro-organismes pathogènes tels que les protozoaires ou métazoaires parasites (œufs de *Giardia*, œufs d'helminthes...) et les bactéries pathogènes (*Salmonella sp*, *Shigella sp*, *Aeromonas sp*, *Vibrio cholerae*,...) ou pathogènes opportunistes (*Pseudomonas sp*, ...) Ces différentes espèces bactériennes pathogènes pour l'homme, véhiculées par les eaux usées représentent un danger potentiel pour la santé publique.

Les espèces du genre *Vibrio* sont des hôtes naturels des milieux aquatiques marins (Chakraborty *et al.*, 1997). L'eau joue un rôle important dans la transmission du germe de *Vibrio* à l'homme, soit par contact direct avec les eaux, ou indirectement par consommation des aliments contaminés dont les produits de la mer ou lors de baignades. Etant donné que les vibrions sont omniprésents dans le milieu aquatique, il est impossible de les éliminer par des mesures d'hygiène telles que le traitement et la désinfection des eaux usées (OMS, 2004). En ce qui concerne *V. cholerae*, il faut généralement au moins 10⁶ bactéries pour provoquer le choléra; or il est peu probable que les personnes qui se baignent ingèrent des vibrions en nombre suffisant pour contracter une gastro-entérite. Toutefois, le risque d'infections extra-intestinales associées aux vibrions pathogènes pour

l'homme lors d'activités de loisir en milieu aquatique, en particulier l'infection des plaies et les otites, n'est pas négligeable, même si on ignore la dose infectieuse nécessaire à leur déclenchement (OMS, 2004).

Entre temps, on enregistre ces dernières années une prise de conscience du public et des politiques sur les effets négatifs des pollutions urbaine et industrielle, en partie probablement parce que ces effets, pour la plupart, ne sont visibles que de nos jours.

En Algérie, une attention particulière est réservée aux eaux résiduaires rejetées par les usines industrielles. Cette prise de conscience s'est soldée, par l'adoption par les autorités politiques de réglementations pour protéger l'environnement, entre autre la loi du littoral, le décret relatif à la réglementation des déchets liquides industriels et urbain et la loi relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

La notion d'eaux résiduaires englobe des eaux de diverses origines. Dans cette classification on retrouve les eaux d'origines urbaine, industrielle et agricole. Dans la région de Skikda, littoral Est Algérien, se trouve un important dispositif industriel de productions d'énergie électrique, gaz naturel, pétrochimie, production de plastique et transport et raffinage des hydrocarbures situé sur la frange littorale. En plus des rejets industriels s'ajoutent les rejets urbains des communes avoisinantes charriés par le bassin versant Saf saf et se déversant dans le golfe de Skikda. Ce golfe se caractérise par une ligne côtière de 142 km de long et une surface de pêche de 3068 km² soit 4,69 % de la surface de pêche nationale totale, disposant d'une ressource halieutique non négligeable. En effet, les différentes campagnes d'évaluation de cette ressource estiment un stock d'environ 18000 tonnes de biomasse dont 6000 tonnes qui constituent les réserves exploitables. L'impact des rejets dans le golfe de Skikda sur la faune et la flore marine est peu connu c'est ainsi que certains sondages auprès des professionnels de la pêche confirment que la ressource est en régression continue et que la principale cause est l'activité industrielle et humaine dans la région de Skikda.

Il existe peu de données analytiques sur la qualité des eaux résiduaires rejetées dans le milieu marin que ce soit celles de Sonatrach ou celles charriés par le bassin versant du Saf saf en amont, ainsi ce travail vient comme une nécessité et une source d'information sur la qualité des eaux rejetées sur le littoral de Skikda, et particulièrement dans les zones de baignade. Ainsi nous sommes intéressés à mesurer des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des plages de la baie de Skikda entre juin 2008 et mai 2011.

Compte tenu de l'importance qu'occupe la recherche sur la pollution bactériologique des zones de baignades dans les différents laboratoires de recherche en écologie et en environnement marins, nous avons décidé de travailler sur des données d'échantillons d'eaux de 3 cycles annuels (2008-2009, 2009-2010 et 2010-2011).

L'analyse physico-chimique concerne 5 caractères choisis et 3analyses bactériologiques standard de la contamination fécale. Les données de base sont obtenues par des prélèvements d'eaux de surface des zones de baignade du golfe de Skikda.

Le travail réalisé est présenté en 3 parties :

- **La première partie** intitulé généralités est essentiellement consacrée à la présentation de la région avec des données géographiques, climatiques, hydrodynamiques et à la description détaillée des paramètres physico-chimiques et bactériologiques considérés.

- **La seconde partie** décrit les différentes méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail. Cette partie est scindée en 2 volets: dans le 1^{er} nous énumérons les différentes techniques d'échantillonnage et d'analyses effectuées sur les eaux prélevées sur le golfe. Dans le 2^{ème} nous exposerons l'approche statistique univariée et multivariée, adoptée.

- La présentation, l'interprétation et la discussion des résultats obtenus, font l'objet de la **troisième partie**. Cette dernière représente les résultats des différentes méthodes statistiques univariées et multivariées obtenus. Aussi bien pour les paramètres physico-chimiques ou bactériologiques séparément, que pour l'analyse statistique générale de différentes données étudiées. Et nous exposons la nature de la pollution du golfe de Skikda.

Enfin, nous tirons une **conclusion** et nous proposons quelques perspectives.

Généralités

1. Généralités.

1. 1. Présentation de la zone d'étude (ZE).

1. 1. 1. Géographie de la ZE.

La wilaya de Skikda se situe dans le Nord-Est de l'Algérie, elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Annaba, à l'Ouest par la wilaya de Jijel, au Sud par Constantine et Guelma, et par Mila au Sud-Ouest. Elle couvre une superficie totale de 4137,68 km² avec une frange littorale de 142 Km de long, représentant ainsi 12% du littoral Algérien (Fig. 1).



Figure 1. Image satellitaire montrant la wilaya de Skikda (Earth Google 2014 modifiée). Les cercles jaunes correspondent au 3 sous zones : **SZE 1:** Sous zone d'étude 1 représentant la commune de Skikda, **SZE 2:** Sous zone d'étude 2 représentant la commune de Stora, **SZE 3:** Sous zone d'étude 3 représentant la commune de Larbi ben M'hidi.

Le littoral comprend les plages sous forme d'une bande étroite, dont la largeur varie entre 20 et 200 m et d'une longueur de 10 Km. Il s'étend du nouveau port jusqu'à l'embouchure de Oued Righa à l'Est, alors que du côté Ouest sa longueur est de 3 Km, entre le port mixte et le port de Stora avec une largeur variant entre 20 et 50 m, alors qu'elle est de 1 Km entre les 2 ports où se trouve l'embouchure de oued Safsaf.

On peut distinguer 6 oueds qui plongent dans la mer 3 à l'Est: Oued Righa, Oued El Gatet Oued Ksob. Oued Safsaf entre les 2 ports et 2 à l'Ouest; oued Beni Malek, Oued Chadi.

A l'Est de la wilaya de Skikda on trouve l'agglomération de Larbi Ben M'hidi, la zone militaire, la ZET Ben M'hidi et l'agglomération les Platanes. Ces entités se trouvent sur les 3 plateaux d'oued Righa séparé par les oueds. Ces ensembles sont reliés par le chemin de wilaya n° 12, qui borde les plages et le chemin de wilaya n°18 du côté Nord.

Du côté Ouest, la ville de Skikda s'étend du nouveau port et des falaises de Djebel Mouadher dont Skikda a tiré son appellation Ras Skikda; sur lequel les feux étaient allumés pour diriger les bateaux vers le port de Stora durant les périodes phéniciennes et Romaines, ce dernier longe la mer jusqu'au tunnel ou le pont romain, Skikda est séparée de la mer par le port mixte, où le boulevard du front s'érige en limite entre les 2 entités. Sur cette partie se trouve la corniche de Stora avec des constructions tout le long; séparées de la montagne de Boulkeroud par la route supérieure, où sont implantées: des constructions individuelles, une forêt récréative et le château Ben Gana.

Au-delà du Pont romain, l'urbanisation devient moins dense, due en grande partie aux fortes pentes qui caractérisent cette limite entre la mer et la terre s'élargissant enfin au niveau du port de pêche de Stora par une esplanade surplombée par Djebel Storaculminant à 500 m et le village de Stora.

En résumé notre ZE se trouve à l'Est algérien comportant 3 agglomérations les platanes, Ben M'hidi et Stora, 3 ports (port des hydrocarbures, port mixte et port de pêche), une zone industrielle et pétrochimique, la ZET Ben M'hidi, 3 plateaux (Oued Righa), 6 embouchures d'oued, et surtout un littoral de 14 km, limité par les flancs des montagnes, plus large à l'Est et très étroits à l'Ouest avec une ville au milieu.

1.1. 2. Climatologie de la ZE.

1.1. 2.1. Vent.

La répartition trimestrielle du régime des vents de notre ZE montre que pendant les 1^{ers}, 2^{èmes} et 4^{èmes} trimestres de l'année les vents du secteur Ouest et Nord-Ouest sont les vents dominants, et qu'une grande partie souffle à une vitesse supérieure à 8 m/s (LEM, 1998). Pendant le 3^{ème} trimestre ce sont les vents du secteur Est et Nord-Est qui dominent, ils sont majoritaire de faibles vitesses (LEM, 1996) (Fig. 2).

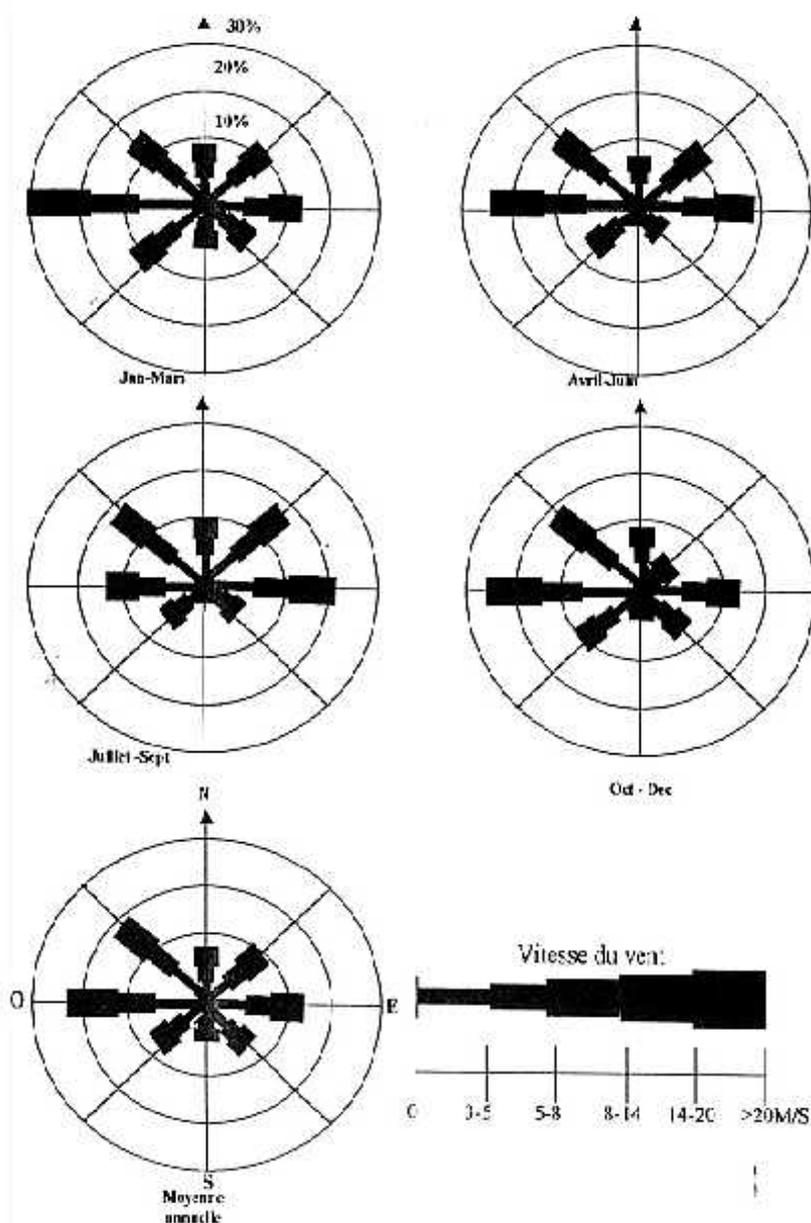


Figure 2. Schéma représentant la rose des vents dans le golfe de Skikda (LEM, 1998)

La région de Skikda se caractérise par un climat typiquement méditerranéen, chaud et sec en été, doux et pluvieux en hiver. Les variations de la température et des précipitations de la décennie 1987 à 1998 montrent que la température annuelle moyenne est de l'ordre de 18,49°C avec un pic de 19,08°C en 1997, caractérisant l'année la plus chaude. Pour les précipitations durant cette période une moyenne annuelle de l'ordre de 739,45 mm avec un maximum de 931 mm ont été enregistrée en 1990 en même temps que les valeurs les plus élevées des précipitations, et les plus faibles sont de l'ordre de 603 mm en 1997. Il faut noter que la région de Skikda est l'une des régions les plus pluvieuses d'Algérie (ANPE, 1994).

1. 1. 3. Océanographie du littoral de la ZE.

1. 1. 3.1. Bathymétrie.

Le golfe de Skikda est constitué d'un plateau continental très varié, tourmenté et parfois absent à l'Ouest, vers la région du cap Bougaroune; il est de plus en plus large et étendu à l'Est, vers la région de la Marsa.

Plusieurs études effectuées dans la région de Skikda (ISTPM, 1982; Djabali, 1988 et LEM, 1996) ont toutes révélé l'aspect et la nature abrupte et accidentée des fonds longeant la ligne côtière et ce, sur plus de 0,5 Km à partir de la ligne de bordure, avec des profondeurs croissantes de 10 à 12 m. Plus au Nord, règnent surtout des fonds sablo-vaseux et des profondeurs de 100 à 200 m n'apparaissent que vers les 4 à 7 miles nautiques au Nord de la côte.

1.1. 3.2. Hydrodynamisme.

La circulation générale des eaux marines en méditerranée occidentale régit et conditionne la distribution des facteurs biologiques, hydrologiques, chimiques, vaseux, etc. D'après Millot (1987), cette circulation apparaît avec la pénétration de l'eau d'origine Atlantique modifiée (MAW). Cette eau entre dans le bassin Algérien vers 0° sous forme d'une veine étroite de courant et longeant les côtes Algériennes à l'Est. Vers 1°E et 2°E elle devient instable et on note l'apparition de méandres puis des tourbillons cycloniques et anticycloniques, dérivant vers l'Est à une vitesse de 10 Km/j. Ces courants anticycloniques évoluent et atteignent des diamètres de 100 à 200 Km, associés d'upwelling avec toutes les conséquences, qu'engendre cette association sur la productivité biologique. Un

ralentissement de la circulation est observé vers 5°E et 6°E. Par des phénomènes d'instabilité, les tourbillons s'éloignent des côtes Algériennes 1 à 2 mois pour revenir à l'Ouest. De ce fait le bassin Algérien constitue un réservoir qui alimente le bassin Nord de la Méditerranée occidentale (Millot, 1993).

Dans le golfe de Skikda les instructions nautiques renseignent sur l'existence d'un courant général dirigé vers l'est, pouvant atteindre 1 à 2,5 nœuds et d'un courant de 0,5 à 1,5 nœuds qui circulerait plus près de la côte. D'après le LEM (1996) ce courant ne pénètre pas dans le golfe de Skikda.

1. 1. 3.3.Courant.

La Méditerranée reçoit des fleuves, qui y débouchent, le tiers du volume d'eau qu'elle perd par évaporation (Ahmad, 1972). En conséquence, un courant de surface arrive de l'océan atlantique en passant par le détroit de Gibraltar. La majeure partie de cette eau circule vers l'Est parallèlement à la côte Nord-africaine mais perd de force au fur et à mesure qu'elle pénètre plus vers l'Est. Après son passage par le cap bon en Tunisie ce courant continue vers le Sud-Est en direction de la partie Nord de la côte Libyenne (Fig. 3). Il se dirige vers l'Est à la hauteur des côtes Egyptiennes pour tourner brusquement vers le Nord parallèlement aux côtes Palestiniennes puis Libanaises et Syriennes. En arrivant au Liban, le courant devient faible et variable il devient alors dépendant du vent qui peut parfois le retourner vers le Sud.

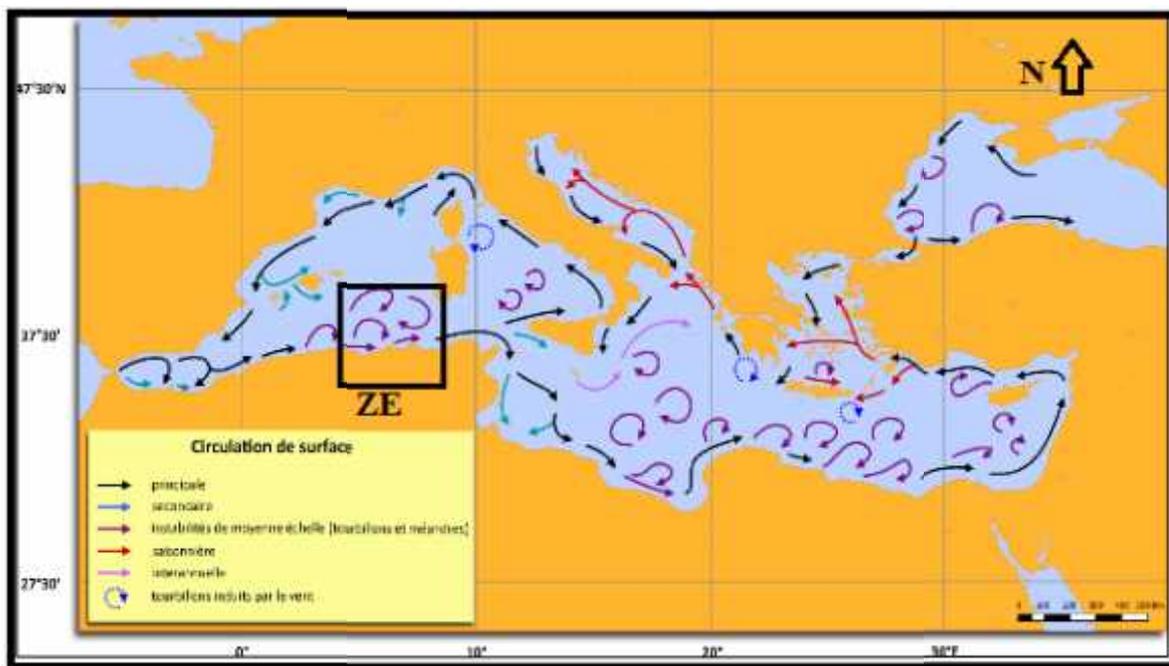


Figure 3. Carte de la circulation générale des eaux de surface dans la mer Méditerranée. (Milot and Taupier-Letage, modifiée 2005). **ZE:** Zone d'étude.

1. 1. 3. 4. Hydrographie.

La wilaya de Skikda se présente comme un amphithéâtre articulé autour de 3 baies et regroupées en 3 ensembles par le réseau hydrographique, qui donne les grandes lignes de sa topographie. Ses paysages sont faits de petites montagnes sur le bord de mer et vers l'intérieur, de hautes et basses collines, de couloirs fluviaux et de plaines intérieures, et d'autres littorales.

Dans cette région littorale accidentée et pluvieuse le réseau hydrographique est dense; il s'articule autour de 3 oueds principaux courts mais puissants:

- Oued Guebli, prenant naissance dans la région de Béni-Oelbène, il draine le bassin de Tamalous et la plaine de Collo. Son bassin-versant individualise globalement la région de Collo. Il a un débit moyen de 390 hm³/an.

- Oued Safsaf qui constitue l'axe hydrographique central. Son bassin-versant regroupe tous les oueds des versants tournés vers la vallée avec un débit moyen de 150 hm³/an.

- Oued El-kébir qui draine principalement la plaine de Ben-Azzouz, son bassin-versants' étend au-delà des limites wilayales, englobent toute la partie orientale de la wilaya qui est la région d' Azzaba avec un débit de 300 hm³/an (Cadastre, 2004).

A ces principaux éléments du réseau hydrographique, s'ajoute un ensemble de petits oueds littoraux qui drainent de minuscules plaines côtières comme Tamanart, Oudina, et des oueds plus importants rattachés à d'autres réseaux hydrographiques tels que Oued Zhour à l'Ouest, et Oued Smendou au Sud. Avec des potentialités en eau de la wilaya d'ordre de 1674 10⁶ m³ et des ressources mobilisées d'ordre de 187 10⁶ m³ (Cadastre, 2004).

1. 1.4. Anthropogénie de la ZE.

1.1. 4.1. Population.

La wilaya de Skikda est un espace peuplé dans l'ensemblesans grand vide. Les habitants se concentrent particulièrement dans les zones deSkikda, Azzaba, El-Harrouch, Tamalous et Collo. La ville de Skikda toute seule abriteprès de 20 % de la population totale.La commune de Skikda se détache nettement avec une densité urbaine de3412hbt/km² (APE, 2007). Les communes de Collo, HamadiKrouma, El-Harrouch et Azzaba ontégalement des densités élevées; ces zones de plaine urbanisées ont respectivement1425, 625, 471 et 299 htb/km² (Fig. 4).



Figure 4. Carte montrant les daïra et commune de la wilaya de Skikda (Cadastre, 2004).

La population dans la wilaya de Skikda se répartie en 3 groupes: étiré dans la vallée du Safsaf, plus dense à Collo et Azzaba et lâche aux périphéries des agglomérations.

La population urbaine de Skikda représente 57% de la population totale soit 483 010 personnes avec quelques contrastes. En effet, dans la partie centrale de la wilaya, la région autour de oued u Safsaf se caractérise par une forte concentration urbaine avec 92,84 % de la population est urbanisée dans la daïra de Skikda et 54.52 % à El-Harrouch. Les autres daïras dépassent 50% à Sidi-Mezgiche, Collo et Azzaba.

En revanche 10 communes sont totalement rurales: Bouchtata, Ain-Zouit, Béni-Bechir, Cheraïa, Kanoua, Khenag-Mayoune, Djendel, El-Ghedir, Ouled-Habéba, Ouldja-Boulbalout (ANPE, 1994).

1. 1. 4.2. Assainissement.

L'accroissement général de la population, de l'urbanisation et les nouvelles conditions de vie ont favorisé les pollutions et les nuisances. Les communes côtières du golfe de Skikda sont affectées par plusieurs rejets: pour la commune de Skikdachef-lieue est assainie, son réseau est de type séparatif, celui-ci rejette les eaux vers la mer à travers 5 émissaires sans aucun prétraitement préalable, rejet Marinelle, rejet l'îlot, rejet SNTF, rejet Beni Malek et rejet Mouadher, avec un volume rejeté d'ordre de 179946,25 m³/j (ANPE, 1994). D'autres rejets existent et se déversent vers l'Oued Safsaf qui reste à ce jour très pollué.

Pour la Zone industrielle on note la présence de 3 principaux types de rejets: gazeux dans l'atmosphère, liquides vers la mer, cours d'eau, nature et solides dépôts et décharges. Les rejets liquides sont en nombre de 3 ils se déversent vers la mer et 4 autres vers Oued Safsaf avant d'arriver vers la mer. Les différentes unités possèdent leur propre système de prétraitement avant le rejet mais nous remarquons que quelques-uns ne fonctionnent pas à 100% pour cause des arrêts soit accidentels ou annuelle pour entretien.

Pour la cité de Stora, qui rejette ses eaux usées en 2 points, le 1^{er} se fait vers la mer via le rejet de Stora, le second se fait vers Oued Kentara après décantation dans un bassin sis au Sud de la voie chemin wilaya 29 au niveau de l'agglomération. Plusieurs rejets individuels existent le long de la côte, dont un collecteur est prévu pour prendre en charge ces eaux et les véhiculer vers la station d'épuration de la voie chemin wilaya 29.

Pour la cité Larbi Ben M'hidi un réseau d'assainissement couvre cette agglomération, il est de type unitaire, son état est moyen avec un seul exutoire en un point rejet c'est le poste 4, avec un volume d'environ 8286.80 m³/j. Un collecteur principal projeté est prévu afin d'éliminer le rejet direct vers la mer il véhiculera les eaux usées de l'agglomération vers la station prévue à Filfila (ANPE, 1994).

1. 1. 4. 3. Activités économiques.

La position géographique et sa situation au centre de la région Nord-Est du pays, confère à la wilaya de Skikda un rôle de premier plan dans les échanges et les flux économiques, grâce à l'importance de ses infrastructures techniques comme route nationales, ports et voies ferrées.

La position de la wilaya sur la mer Méditerranée ainsi sa fonction portuaire triplement importante pêche, tourisme et hydrocarbures lui confèrent des relations privilégiées aussi bien avec les wilayas de l'Est Algérien qu'avec les pays.

1.1. 4.3.1. Industrie.

Le pôle industriel de Skikda, d'importance nationale, est dominé par le complexe pétrochimique avec des infrastructures diverses et des complexes spécialisés dans le traitement du gaz naturel et du pétrole. Les complexes pétrochimiques sont essentiellement présentés par: le complexe de matières plastiques *CPI/K*, le complexe de raffinage de pétrole *RAI/K* et le complexe de liquéfaction de gaz *GLI/K*. En plus des complexes chimiques s'ajoute les centrales thermiques *CTE* et *LAVALIN*, l'entreprise nationale du Marbre *ENAMARBRE*, la cimenterie de HjarEssoud, ainsi que des unités agroalimentaires et extractives.

La zone industrielle de Skikda regroupe actuellement 7 unités et complexes:

- *L'entreprise de gestion de la zone industrielle de Skikda (EGZIK) a été créée par le décret 84-57 du 3 Mars 1984, pour permettre la gestion de l'immense plate-forme pétrochimique, ses principales missions sont: La sécurité industrielle et la protection du pôle industrielle, la gestion du plan d'aménagement directeur et de l'urbanisme de la plate-forme, la gestion et la maintenance et le développement des infrastructures communes de la plate-forme, le développement de la promotion des services communs au pôle et la coordination des intérêts communs du pôle.*

- La centrale thermique électrique (CTE) et LAVALINE est située à 2 Km à l'Est de la ville de Skikda et s'étend sur une superficie de 10,21 hectares. La CTE dispose d'une seule unité de production d'électricité qui utilise le gaz naturel comme combustible à raison de 5.108 nm/an et l'eau de mer déminéralisée pour l'alimentation des chaudières.

- Le Complexe de liquéfaction du gaz naturel (GLI/K) qui se trouve à 2,5 Km à l'Est de la ville de Skikda, au niveau de la plate-forme pétrochimique et sur la rive Est de Oued Safsaf, le GLI/K s'étend sur une superficie de près de 92 ha, il est limité au Nord par la mer Méditerranée et bordé à l'Est par le complexe CPI/K, au Sud par des terrains vagues et au Sud-Ouest par la centrale électrique CTE. Son activité est la production de gaz liquéfié à partir du gaz naturel acheminé par pipeline de Hassi R'mel, ce dernier est destiné à l'exportation et l'extraction des hydrocarbures lourds, afin de les distiller en légers. En plus du gaz liquéfié le GLI/K produit aussi de l'éthane, du butane, du propane et du naphta léger.

- Le complexe pétrochimique (CPI/K) étalé sur 54 hectares dont 19 couverts, le CPI/K est situé à 5 km à l'Est de Skikda. Il est limité à l'Est par Polymed, à l'Ouest par le GLI/K, au Nord par la mer Méditerranée et au Sud par la zone de développement de la pétrochimie. Le CPI/K est un des pôles de développement de l'industrie pétrochimique en Algérie. Composé d'un ensemble d'unités concourant à la fabrication des produits thermoplastiques de base tel que le polyéthylène basse densité (P.E.B.D.) et le polychlorure de vinyle (P.V.C.), pour les besoins de l'industrie nationale de la transformation du plastique et ses dérivés. Il utilise comme matières premières: l'éthane et le sel gemme. Les différents types de produits du CPI/K, les capacités de productions ainsi que les destinations finales des produits, sont représentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Différentes matières produites du complexe CP1/K en 2007 et leurs domaines d'utilisations.

Produits	Capacités (T/an)	Applications	Destinations
Ethylène	120000	Produits plastiques, pharmaceutiques et intermédiaires, pétrochimiques	Autoconsommation. Marché extérieur. GL4/Z.
Polyéthylène	48000	Emballage, films agricoles, articles de ménage, tuyauterie et câblerie.	Unités de transformation. Secteur privé.
V.C.M.	40000	Production de P.V.C.	Unité P.V.C.
P.V.C.	35000	Tuyauterie, emballage, films agricoles, chaussures, articles ménagers et électroménagers.	Unités de transformation. Secteur privé.
Soude	41000	Nettoyage des équipements détergents.	Unités industrielles. Utilisation domestique.

- Le complexe de raffinage de pétrole (RA1/K) implanté à l'extrême Est de la zone industrielle de Skikda. Avec ses 190 ha, il se situe au Nord-Est de la Région Transport Est (R.T.E). Ce complexe est conçu pour le raffinage du pétrole brut provenant de Hassi Messoud, Le traitement du naphta pour produire des essences et des aromatiques et le traitement du brut réduit importé pour produire des bitumes. Le tableau 2 représente les différentes productions du RA1/K ainsi que leurs domaines d'utilisation.

Tableau2. Différents produits du complexe RA1/K et leurs domaines d'utilisations
(Raffinerie de Skikda, 2007).

Désignations	Capacité (T/an)	Destinations
Propane, Butane	559 100	Utilisation domestique.
Essence normal et super	719000	Utilisation automobile.
Naphta A., B. et C.	3 146 000	Industrie pétrochimique.
Kérosène	46000	Transport aérien.
Gas-oil MI-BP-NP	5 078 000	Véhicules lourds; utilisation domestique.
Aromatiques, Benzène, Toluène, Paraxylène, Mélange Xylène, Ethyle, Benzène	380 187	Utilisation en peinture et plastique
Bitumes (routiers, oxydés)	145 000	Pavage et revêtement d'étanchéité.
Banker fuel oil, Fuel oil lourd	5 002 414	Transport maritime et chaudière.
Brut HassiMessoud.	15 000 000 T/M	Utilisation comme matière première dans les unités.
Brut réduit importé.	277 000 TM	Utilisation comme matière première dans les unités.

- *Le complexe région terminale Est (RTE)* c'est la direction régionale Skikda qui est l'une des 7 directions régionales de la division exploitation de la branche transport par canalisation des hydrocarbures liquides et gazeux de l'entreprise nationale Sonatrach. Avec ses 98 ha, la *R.T.E.* est implantée au Sud de la zone industrielle de Skikda, au Sud-Ouest de l'*E.N.G.I.* et à l'Est de la commune Hamoudi Hamrouche. La *R.T.E.* assure le transport par canalisations des hydrocarbures liquides pétrole brut et condensât ainsi que gazeux gaz naturel, depuis les centres de dispatching et de traitement Haoud El Hamra et Hassi R'mel vers les centres de consommation et de transformation et vers les ports pétroliers de l'Est, la livraison aux marchés nationaux et exportation et la maintenance et protection des installations. Avec ses 15 réservoirs à toit flottant, le complexe *R.T.E.* possède une capacité de stockage de 768000 m³.

- *L'entreprise Nationale de production et de distribution de Gaz Industrielle* est implantée dans la plate-forme industrielle de Skikda. Elle occupe une superficie de 3100 m² au Nord-Est de la *R.T.E.* et au Sud-Ouest du complexe *RA1/K.* dont cette entreprise est chargée de la production d'O₂ liquide, d'azote liquide et d'argon liquide, à partir de l'air ambiant et de l'eau potable comme matière première.

1. 1.4.3.2. Agriculture.

La wilaya de Skikda reçoit entre 700 mm/an et 1200 mm/an de pluie par an, elle dispose d'une superficie agricole de plus de 19000 ha, avec 91% de la surface agricole occupée par des cultures herbacées et 9% exploitées comme plantations arboricoles. La grande majorité des terres agricoles productives est localisée dans de la plaine du Safsaf avec des cultures prédominantes les agrumes et la fraise.

1.1. 4.3.3. Tourisme.

La grande richesse facies du littoral de la wilaya de Skikda lui confère un attrait touristique particulier. La wilaya renferme d'immenses potentialités touristiques étalées sur 142 Km de côtes sur les quels viennent se succéder des plages allant de Tamanart à l'Ouest jusqu'à El-Marsa à l'Est. La région de Skikda dispose de 9 zones d'expansion touristique (ZET) situées dans les principales communes côtières.

Les plages les plus fréquentées d'entre elles sont: Larbi Ben M'hidi, la baie de Collo, la grande plage, Tamanart et la Marsa dont les capacités respectives sont énumérées dans le tableau 3.

Tableau 3. Capacités d'accueil des principales plages de la baie de Skikda (ANPE, 1994).

Plages	Capacité des plages en baigneurs
Lari Ben M'hidiet les platanes	34800
Baie de Collo	22800
Grande plage	6400
Tamanart	3700
El-Marsa	12000

1. 1. 4.3.4. Activités portuaires.

Les activités portuaires jouent un rôle important dans l'économie, ces infrastructures portuaires sont localisées au niveau des 3 communes Skikda, Collo et El-Marsa. Disposant de 5 ports dont 3 sont destinés à la pêche, celui de Stora, Collo et El-Marsa, tous gérés par l'entreprise portuaire de Skikda (EPS).

Un port mixte l'ancien port situé au chef-lieu de la ville de Skikda, il est dit mixte car il permet le transit aussi bien des passagers que des marchandises et l'exportation des produits pétroliers.

Un nouveau port, réservé uniquement à l'exportation des produits pétroliers, il se trouve au Nord-Ouest de la plate-forme industrielle de Skikda à l'extrême Nord-Ouest de la ZE. Ce port, assure le transit un important trafic d'hydrocarbures. Le tableau 4 représente le trafic des hydrocarbures qui transite par 7 postes (P1, P2, P3, P5, M1, M2, A1) de chargements.

Tableau 4. Différents postes de chargement et leurs caractéristiques du nouveau port de Skikda.

N° du poste	Nature du produit	Longueur du poste (m)	Capacité par bras (m ³ / h)
P1	Produits raffinés	32	1500
P2	Produits raffinés	32	1500
P3	Produits raffinés et brut	28	2500
P5	G.P.L.	28	350
M1	G.N.L.	90	2000
M2	G.N.L.	90	2000
A1	Ethylène et aromatiques	-	250

1. 1.4.3.5. Pêche.

Le golfe de Skikda bénéficie d'une ligne côtière de 142 Km avec une superficie de zone de pêche de 3068 km² soit 4,69% de la surface de pêche nationale. Il est limité par le cap Bougaroune à l'Ouest et par le cap de Fer à l'Est entre les 2 longitudes 06°27'10''E et 07°10'02''E. Les différentes campagnes d'évaluations effectuées ces dernières années (ISTPM, 1982; Djabali, 1988; ERH, 1996) estiment le stock à environ 18000 tonnes de biomasse avec 6000 tonnes de réserve exploitable. Par ailleurs, il est important de souligner que 36% du stock sont constitués par des espèces pélagiques clupéiformes et des thonidés. Alors que les 64% restant constituent les stocks démersaux poissons blancs et crustacés dont environ 1/3 des potentialités se trouvent sur des fonds accessibles aux chalutiers, le à l'aide des petits métiers et par palangriers.

1. 2. Principaux paramètres considérés.

1. 2.1. Paramètre physico-chimiques des eaux.

1. 2.1.1. Température.

La température est l'un des premiers facteurs qui contrôlent l'essentiel des activités biologiques et écologiques des êtres vivants (Thiery, 1987). Elle agit sur le pH, la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau en particulier celles de l'O₂ et du CO₂ et sur les réactions chimiques et biochimiques (Bremond et Perrodon, 1979). Dans la région méditerranéenne, l'effet de la température prédomine largement le déterminisme de la composition des zoocénoses (Dakki, 1987). Chez les mollusques, nombreux auteurs dont Maqboul (1986), Ben Messaoud (1987) et Kharboua (1988 et 1994) *in* Fadli (2003) ont signalé l'influence de la température sur l'éclosion des œufs de mollusques, leur vitesse de croissance corporelle, leur vitesse de maturité sexuelle et l'abondance. Dans un estuaire, les variations de la température influencent les processus biochimiques et l'activité biologique des êtres vivants (Chiahou, 1990; Ould Lemine, 1993; Bousseloua, 2000 et 2001). Elles peuvent altérer, en outre, la structure du milieu aquatique en modifiant la stratification thermique de ses couches et l'intensité de la circulation résiduelle (Carriker, 1967; Ould Lemine, 1993). La température de l'eau est un facteur important dans la vie d'un cours d'eau, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. (Rodier *et al.*, 1996).

Au niveau des estuaires, elle dépend à la fois de celle des eaux salées côtières et de celle des eaux douces. Son cycle est déterminé par le rapport des influences marines et fluviales. Cependant, la température peut être modifiée, d'une part, par les conditions locales et, d'autre part, par les rejets d'eau chaude (centrales électriques et des usines utilisant l'eau comme moyen de refroidissement, etc.).

1. 2.1.2. Salinité.

La salinité est une variable indispensable à la description du milieu marin, elle est définie conventionnellement comme la masse en g des composés solides séchés à poids constant à 480°C, obtenu à partir de 1 Kg d'eau de mer, il est supposé que la matière organique a été oxydée, le brome et l'iode remplacés par leurs équivalents en chlore et les carbonates en oxydes (Rodier, 1996). Dans l'étude du milieu marin, la mesure de la salinité est importante du fait qu'elle exerce une influence significative sur la densité de l'eau de

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

1. 2.1.3. pH.

Le pH dépend de nombreux facteurs élémentaires pour qu'on puisse lui attribuer une importance écologique même titre que celle de la température de l'eau. En effet, ce paramètre dépend de l'origine des eaux, la nature pétrographique de la roche mère du milieu traversé par les eaux, la température, l'assimilation chlorophyllienne et la respiration des organismes (Nisbet Verneaux, 1970). Le pH de l'eau donne un aperçu sur la stabilité et l'équilibre établis entre les différentes formes de l'acide carbonique (Hutchinson, 1967). Les variations du pH suivent celles de la température, la salinité, l'O₂ dissous et le volume du CO₂ dissous (Ottman, 1965). Dans un estuaire, le pH de l'eau est très influencé par la température de la saison, par la nature de la roche mère (Ould Lemine, 1993; Ezzouak, 1993), par la structure du substrat (Bousseloua, 2001) et par le degré de la proximité des eaux marines. En revanche en milieu côtier et estuarien, certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être un indice de pollution comme le signale Aminot et Chaussepied (1983).

1. 2.1.4. Oxygène dissous.

L'O₂ toujours présent dans l'eau, n'en est pas un élément constitutif, sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. L'O₂ dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique en oxydant des composés minéraux comme le Fe²⁺, NH₄⁺, NO₂⁻... ou organiques, soit par des phénomènes biochimiques comme la consommation de l'O₂ par les microorganismes pour assurer la dégradation des constituants de l'eau, soit encore par des réactions électrochimiques.

La teneur de l'O₂ dans l'eau est fonction de l'origine de l'eau, les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation; par contre, les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques ml/l.

Les variations de la teneur en O₂ sont aussi importantes que la valeur du taux absolu. On recherche généralement la cause de toute variation; celle-ci pouvant être fonction de la présence de végétaux et des phénomènes de photosynthèse, des matières organiques

oxydables, des organismes et des germes aérobies, ainsi que de la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (présence de graisses, d'hydrocarbures, de détergents, etc.). Des variations importantes peuvent être constatées au cours d'une même journée entre la nuit et le jour.

Dans les milieux à faible taux de renouvellement comme les lacs, retenues de barrages, baies, etc. la teneur en O_2 a tendance à diminuer avec la profondeur et des phénomènes anaérobies peuvent se développer dans les fonds. Quand la température s'élève, la teneur en O_2 diminue en raison de sa plus faible solubilité, mais aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient (Rodier *et al.*, 2009).

1. 2.1.5. Conductivité électrique de l'eau.

Ce paramètre mesure le degré de minéralisation des eaux, dans les conditions naturelles, il est influencé par la nature géologique du terrain car chaque ion dissous intervient par sa concentration et sa conductivité spécifique. La chute de la conductivité peut favoriser l'éclosion des œufs de certains invertébrés tels que les Crustacés Anostracés (Thiery, 1987). Chez les mollusques aquatiques la dilution des populations c'est à dire la diminution de leur densité, qui est principalement due à l'abondance de fortes pluies, s'accompagne systématiquement par des chutes de la conductivité de l'eau du biotope.

1. 2.2. Bactériologie des eaux.

En plus des principaux Paramètres physico-chimiques, la détermination de la qualité des eaux de baignade nécessite la recherche et la quantification des concentrations des principaux germes pathogènes. Parmi ces derniers les CT, CF et les SF. En ce qui concerne ces paramètres bactériologiques, les nombres guides et les nombres impératifs de la directive européenne du 8 décembre 1975, publiées dans le JORA du 10 juillet 1993 N° 46 constituent des limites de qualité figurant dans le Tableau 5.

Tableau 5. Normes Algérienne de la qualité bactériologies des eaux de baignades.(JORA N°: 46 Décrit exécutif N° 93-164 du 10 juillet 1993).

Paramètres bactériologiques	Valeur guide (DE 10/07/993)	Valeur impérative (DE 08/12/1975)
Coliformes totaux / 100ml d'eau	500	10.000
Coliformes fécaux / 100ml d'eau	100	2.000
Streptocoques fécaux /100ml d'eau	100	-

1. 2.2.1. Germes indicateurs de contamination fécale.

On estime qu'environ 5×10^6 de personnes meurent chaque année de maladies à transmission hydrique dans le monde (Evans, *et al.*, 1981), surtout suite à la consommation d'eau biologiquement contaminée. Les germes responsables de ces maladies sont transmis à l'eau par les matières fécales. Pour ces raisons, les bactéries qui se trouvent exclusivement dans les fèces à des densités élevées sont utilisées comme indicateurs de la pollution fécale et leur présence dans l'eau ou dans les fruits de mer signifie un risque de contamination biologique. Les indicateurs microbiens peuvent être extrêmement nombreux, mais seulement deux groupes sont considérés comme témoins majeurs de la contamination fécale: les coliformes et les streptocoques fécaux.

1. 2.2.1.1. Coliformes totaux et thermotolérantes.

Les coliformes appartiennent à la famille des enterobactériaceae, le terme coliforme a été établi pour regrouper des Entérobactéries ayant certains caractères communs et pour avoir une signification sanitaire en raison de leur origine fécale (Leclerc, 1987). Selon l'OMS (1972), les bactéries coliformes comprennent tous les bacilles à Gram- , non sporulés, aérobies ou anaérobies facultatifs, en forme de bâtonnets et capables de fermenter le lactose avec production d'acide, de gaz et d'aldéhyde.

Les bactéries coliformes se répartissent en 2 groupes CT et CF. Les coliformes sont les espèces commensales de l'intestin de l'homme et des animaux. Ils sont éliminés constamment avec les fèces et se trouvent obligatoirement dans les eaux polluées par les matières fécales. Cependant, les CT ne sont pas des micro-organismes exclusivement spécifiques de l'intestin de l'homme. Ils ont d'autres origines notamment les cours d'eau, les effluents industriels, les eaux de ruissellement. Les insectes et les plantes peuvent aussi héberger ces germes.

Les coliformes sont considérés comme de bons indicateurs de pollution fécale des eaux (Lavoie, 1983), leur présence dans l'eau indique une contamination récente par les matières fécales car *Escherichiacoli* ne peut pas survivre pendant une longue période dans l'environnement. Cependant Hazenet al.,(1987) montrent qu'*Escherichiacoli* peut survivre pendant une longue période dans les eaux tropicales principalement celles riches en matières organiques (Lopez-tores et al.,1988). La durée de survie de cette bactérie dépend de plusieurs facteurs physicochimiques tels que la température, facteur essentiel qui affecte le plus sa concentration. En outre, d'après Hiraishiet al.,(1984), la densité des CF est directement proportionnelle à la demande biologique en O₂ (DBO). Il faut savoir que les coliformes meurent lors de leur séjour en eau de mer donc leur présence indique une contamination récente par des matières fécales (OMS, 1995b, in Galafetal.,2003).

1. 2.2.1.2. Streptocoques fécaux, streptocoques de groupe D et entérocoques fécaux.

Sous la dénomination générale les SF sont groupés des streptocoques qui appartiennent au groupe sérologique D de Lancefield. Ces bactéries appartiennent à la famille des Stréptococcaceae, ce sont des Cocci Gram+, le plus souvent disposés en diplocoques ou en chaînettes, non sporulés, immobiles, aérobies facultatifs, possédant un métabolisme fermentatif se développant à 37°C.

Les SF sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux, ils sont caractéristiques d'une pollution d'origine fécale. Leurs présences dans les milieux extérieurs surtout l'eau est un indice de contamination d'origine fécale surtout quand ils existent en même temps que les coliformes.

En 1990, Winslow et Palmer ont montré que la recherche des SF facilite la distinction entre une pollution d'origine animale et celle d'origine humaine. Tenant compte de ces travaux, Kenner et al.,(1961) ont introduit l'indice de Bourgeois, le rapport coliformes fécaux/ streptocoques fécaux (CF/SF) (Tab.6) dans l'étude de la pollution fécale des eaux. Ce rapport donne une idée plus précise sur les sources de contamination il est appliqué avec prudence puisqu'il est influencé par plusieurs paramètres tels que la température de l'eau, le pH, l'éloignement de la source de contamination et le temps d'immersion des contaminants dans l'eau (Borregoet al., 1982).

Selon Bourgeois (1980) le rapport « indice de Bourgeois » $R = CF/SF$ indique si la contamination fécale est d'origine animale ou humaine. Si ce rapport est >1 , la pollution

fécale est dominée par les rejets humains, dans le cas où dominent les rejets fécaux d’animaux, il est < 1.

Tableau 6. Calcul des indices de Bourgeois: origine de la contamination fécale (Borregoet *al.*, (1982))

R	Source de pollution
R>4	Exclusivement humaine
2<R<4	Mixte à prédominance humaine
1<R<2	Origine incertaine
0,7<R<1	Mixte à prédominance animale
R<0,7	Principalement ou entièrement d’origine animale

1. 2.2.2. Principaux risques liés à la baignade.

La pollution des zones de baignades est due aux déversements anarchiques des eaux usées urbaines et industrielles sans traitement préalable dans le littoral. Il est important de préciser que la transmission des maladies entériques par la baignade dans des eaux contaminées par des eaux usées urbaines est à ce jour mal définie conduisant à une grande diversité de normes appliquées souvent sujettes à polémique dans les milieux scientifiques.

Généralement, les micro-organismes pénètrent dans l’environnement marin par les rejets d’eaux résiduaires non traitées ou partiellement traitées, constituant ainsi les apports ponctuels. Le devenir de la charge bactérienne dans l’eau de mer comme pour les autres polluants, est fonction de la dilution, de la dispersion physique et de la sédimentation des particules fines. Les bactéries issues des rejets peuvent se présenter sous forme libre ou agglomérée.

Assez souvent, la pollution bactérienne aboutit finalement dans les zones de baignade et se répercute sur la santé humaine. Les principales maladies causées par les eaux récréatives contaminées sont regroupées dans le tableau 7. Elles concernent surtout la sphère ORL comme les rhinites, les sinusites et les otites et ophtalmologiques comme les conjonctivites, suivies de celles liées à la peau et les muqueuses comme les eczémas et les vaginites. Ces maladies sont transmises par les excréments des baigneurs eux-mêmes ou par contact et sont donc plus en relation avec la densité des baigneurs et leur état de santé qu’avec le degré de contamination par les eaux usées.

Les coquillages posent également, de délicats problèmes de sécurité alimentaire parce qu’ils filtrent l’eau et concentrent les micro-organismes présents dans le milieu marin et

qu'ils sont dégustés crus ou peu cuits. Les conséquences toxi-infectieuses de la consommation de coquillages contaminés sont variées et présentent des risques beaucoup plus importants que ceux liés à la baignade. Selon Poggi (1991), les consommateurs de coquillage sont 3 fois plus exposés que les autres aux maladies entériques. Il peut s'agir pour les bénignes de: vomissements, nausées, céphalées, diarrhée, de gastro-entérites, de dysenteries accompagnées de douleurs abdominales. Pour les plus graves: de fièvres typhoïde par les Salmonelles, d'hépatite A ou encore d'épidémies de choléra.

Tableau 7. Représentation des risques sanitaires dus à une pollution microbiologique des eaux de baignade selon et Merabtine et al. (1997).

Type de bactérie	Risque sanitaire potentiel	Localisation	Observations
Coliformes totaux	Gastro-entérites	- Eaux douces et marine - Coquillage	Utilisé comme indicateur général de pollution bactérienne.
Coliformes fécaux	Gastro-entérites	- Eaux douces et marine - Coquillage	Utilisé comme indicateur de pollution fécale.
Streptocoques fécaux	- Gastro-entérite - Fièvre - Typhoïde - Salmonelles - Otite externe - Sinusite - Conjonctivite	- Eaux douces et marine	Indicateur le plus caractéristique de pollution fécale ou tertiaire.

Matériels et Méthodes

2. Matériels et méthodes.

La charge de l'activité des polluants urbains, industriels et agricoles véhiculés vers le littoral par les oueds, fait accroître les perturbations naturelles et engendre de la pollution et des nuisances dans les eaux du golfe de Skikda. Dans cette étude nous sommes intéressés à ces différents rejets, dans la majorité des cas déversés sans traitements préalables en mer, par le biais de l'oued Saf saf.

Pour mieux apprécier les résultats obtenus nous avons développé une analyse mathématique à l'aide d'analyses statistiques univariées et multivariées.

2. 1. Zone et stratégie d'échantillonnage.

Nous, il s'étend de l'embouchure de l'oued Z'hor à Stora à l'Est (Fig.1). Le 2^{ème} se situe dans la partie centrale du golfe délimitée par la côte de Ben M'hidi, les platanes, Guerbes et les falaises de Filfila et enfin le 3^{ème} secteur à l'Est comporte les côtes de la Marsa et les avons divisé le littoral de Skikda en 3 secteurs, le 1^{er} à l'Ouest l'oued Saf saf est constitué de hautes falaises abruptes falaises du Cap de Fer.

Nous avons également subdivisé la ZE du littoral du golfe de Skikda en 3 sous zones (SZE) Skikda (SZE 1), Stora (SZE 2) et Larbi Ben M'hidi (SZE 3). Un total de 14 stations a été retenu, 5 dans la SZE1, 3 dans la SZE 2 et 6 stations dans la SZE3 (Fig. 5).

Pour notre stratégie nous avons opté pour un échantillonnage mensuel, aléatoire, simple et indépendant dans les 14 stations entre juin 2008 et mai 2011.

2. 1. 1. Choix des stations.

La zone d'étude a été regroupée en deux secteurs ; le secteur Est qui s'étend du massif de Filfila jusqu'au nouveau port pétrolier au niveau des plages de Ben M'hidi (P3) et le secteur Ouest dans le golfe de Stora entre l'ancien port de Skikda (P1) et la plage Molo (Fig. 5), à fin d'établir une comparaison entre les SZE qui diffèrent par leurs conditions environnementales et anthropiques. A priori les SZE sont soumis à des différents facteurs; tel que la pollution et l'hydrodynamisme. Pour cela nous avons choisis un réseau de stations situées dans des plages des communes de Larbi Ben M'hidi, Stora et Skikda le long de la ZE.

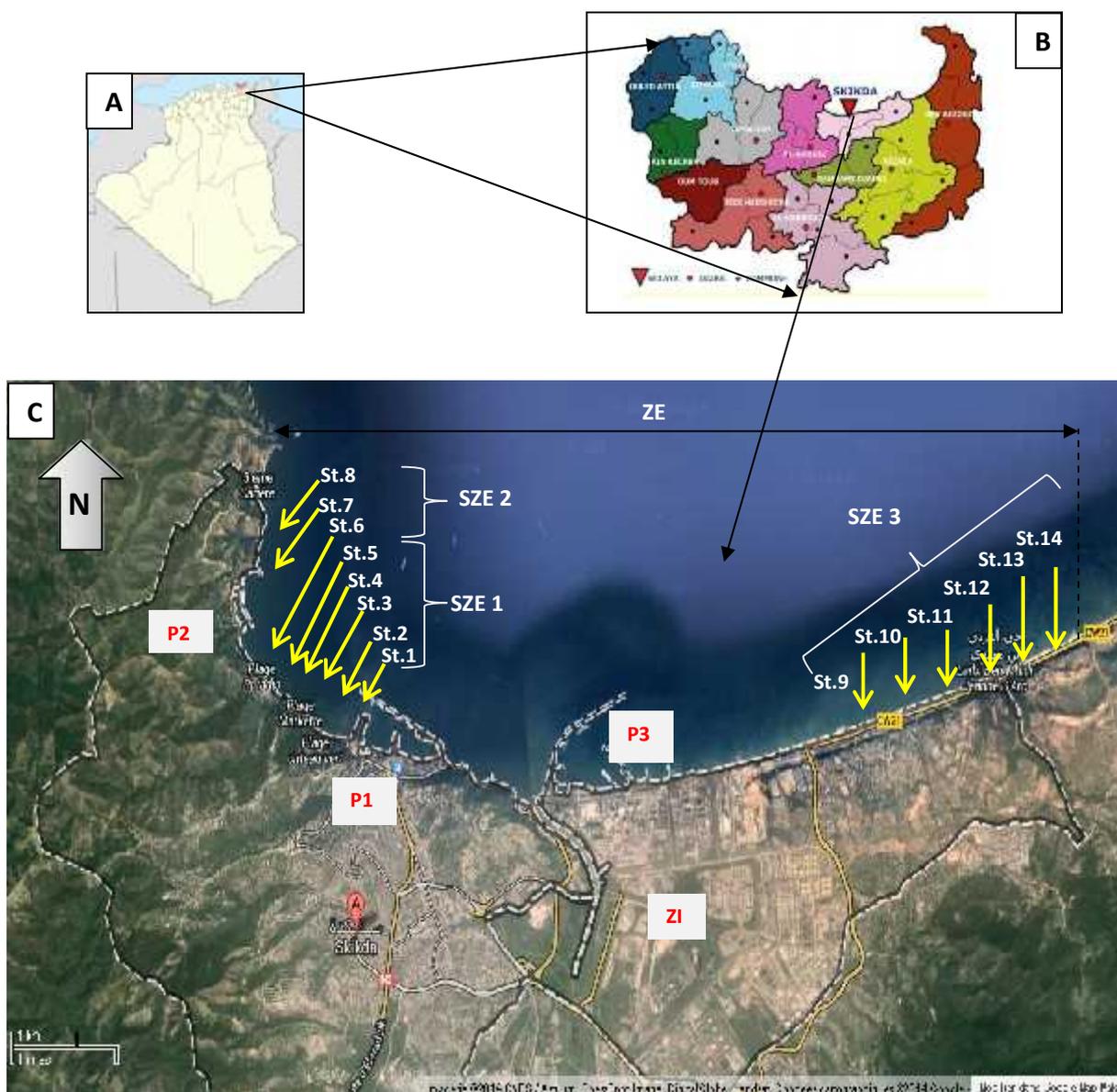


Figure 5. A : Représentation de la région de Skikda (Nord Est Algérien), B : Représentation des différentes wilayas limitrophes, C : Représentation de la zone d'étude avec les différents sites d'échantillonnage) (Earth Google, 2014 modifiée). St.: Station d'échantillonnage, ZE: Zone d'étude, SZE1: Sous zone d'étude 1, SZE2: Sous zone d'étude 2, SZE3: Sous zone d'étude 3, ZI: Zone Industrielle, P1 : Ancien Port, P2 : Port de Stora, P3 : Nouveau Port.

2. 2. Lieux et technique d'échantillonnage.

Quatorze stations de prélèvement ont été choisies en fonction de la répartition des rejets urbains et des apports continentaux charriés par les Oueds. Chaque paramètre est quantifié mensuellement entre juin 2008 et mai 2011. Les échantillons sont pris toujours à l'Est des sources de pollution en raison de la direction des courants dans le golfe, (vers l'Est).

Des flacons en verre de 250 ml sont utilisés, ils sont rincés à l'eau du robinet puis à l'eau distillée, séchés, à moitié bouchés et stérilisés au four pasteur 170 °C durant une heure. Le prélèvement est effectué en tenant le goulot vers le bas, le flacon est enfoncé à 20 cm environ au-dessous de la surface de l'eau, il est tourné puis redressé légèrement, l'orifice face au courant éventuel. Une fois le prélèvement effectué, le flacon bouché, étiqueté et placé dans une glacière à une température comprise entre 4 et 6 °C. L'analyse au laboratoire débute dans un délai maximum de 8 h, après le prélèvement de l'échantillon.

Les 14 stations sont réparties d'Est en Ouest et leurs caractéristiques sont représentées en 3 sous zones:

Sous zone d'étude 1 (SZE 1): Cinq stations sur le littoral de la commune de Skikda.

Station 1: La plage château vert.

Description de la station : C'est une plage à sable moyen, elle s'étend sur une longueur de 300 m et une largeur moyenne de 15 m. Cette plage est située juste après la jetée, délimitée par un amas de bloc et petits rochers. Château vert a toujours été préservé de la pollution. Ne recevant aucun égout ou rejets minimes, néanmoins, elle est mitoyenne à la jetée, qui est polluée. Prisée par les familles car elle est peu éloignée de la ville (Fig. 6).

Coordonnées géographiques : 36°53'16''N, 6°53'49''E



Figure 6. Image satellitaire représentant la station 1: La plage Château vert. (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 2: La plage Casino.

Description de la station: Nous avons délimité cette plage par le rocher aiguille qui la sépare de château vert. Elle s'étend sur une longueur de 300 m et une largeur moyenne de

15 m. Elle est peu rocheuse et peu profonde, son sable est fin. Au bout de la plage vers l'Ouest, on remarque des dalles naturelles de rochers immergées dans l'eau (Fig. 7).

Coordonnées géographiques: 36°53'18''N, 6°53'39''E



Figure 7. Image satellitaire représentant la station 2: La plage Casino. (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 3: La plage Markette.

Description de la station:

Cette plage se trouve dans une grande crevasse, tellement sa muraille est haute et entourée de rochers, profonde. C'est l'une des meilleures plages à proximité de la ville, mais sans doute la plus polluée après la jetée (Fig. 8).

Coordonnées géographiques: 36°53'25''N, 6°53'45''E



Figure 8. Image satellitaire représentant la station 3: La plage Markette. (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 4: La plage Militaire 1.

Description de la station: Constituée exclusivement de sables fins sur une longueur de 300 m et une largeur moyenne de 10 m, elle est délimitée des 2 côtés par des rochers. Cette plage ajuste les dimensions du pont à bas plan où les eaux d'Oued Griva y passent pour se déverser en hiver dans la plage (Fig. 9).

Coordonnées géographiques: 36°53'32''N, 6°53'14''E



Figure 9. Image satellitaire représentant la station 4: La plage Militaire 1 (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 5: La plage Militaire 2.

Description de la station: Cette côte très rocheuse est rectiligne sur une longueur de 100 m et une largeur moyenne de 10 m. Ses grains de sable sont d'un calibre peu fin et même gros en multi-agrégats très recherchés par les amateurs d'aquarium (Fig. 10).

Coordonnées géographiques: 36°53'35''N, 6°53'09''E

Image satellitaire: (source: Google Earth, 2014).



Figure 10. Image satellitaire représentant la station 5: La plage Militaire 2 (Google Earth, 2014 modifiée).

Sous zone d'étude 2 (SZE 2): Trois stations sur le littoral de la cité de Stora.

Station 6: La plage Paradis

Description de la station: Sa longueur est de 300 m et sa largeur moyenne est de 7 m, cette plage est de grande étendue, son sable peu fin, composé d'agrégats de roches diverses qui la délimitent, ses eaux sont généralement d'un bleu clair (Fig. 11).

Coordonnées géographiques: 36°53'10''N, 6°53'02''E



Figure 11. Image satellitaire représentant la station 6: La plage Paradis (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 7: La plage Molo

Description de la station: Nous pouvons considérer cette plage comme une jetée, puisqu'elle est située à côté de la fortification rempart en gros blocs qui délimite et protège le port des vagues. Elle est à peine étendue sur une quinzaine de mètres. Très rocheuse et fréquentée, cette plage est protégée des courants d'airs glaciaux (Fig. 12).

Coordonnées géographiques: 36°54'16''N, 6°52'50''E



Figure 12. Image satellitaire représentant la station 7: La plage Molo (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 8: La plage Miramar.

Description de la station: Cette plage s'étend sur une longueur de 150 m et une largeur qui n'accède pas 5m, son sédiment est représenté par du sable fin avec la présence de quelques galets éparpillés, pas d'habitation à proximité (Fig. 13).

Coordonnées géographiques: 36°54'35''N, 6°53'1''E



Figure 13. Image satellitaire représentant la station 8: La plage Miramar (Google Earth, 2014 modifiée).

Sous zone d'étude 3 (SZE 3): Six stations sur le littoral de la cité de Lari Ben M'hidi.

Description des stations: L'ensemble des stations du 9 au 14 sont situées sur le littoral de Larbi Ben M'hidi qui est caractérisé par une frange de plage à sable fin qui s'étend sur une longueur de 800 m et une largeur de 10 m, ils sont caractérisés par des divers rejets des restaurants situés sur le long du littoral et quelques rejets urbains (Fig. 14, 15, 16, 17, 18 et 19).

Station 9: La plage en face du camp d'étoile.

Coordonnées géographiques: 36°53'11''N, 6°58'29''E



Figure 14. Image satellitaire représentant la station 9: La plage en face du camp d'étoile (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 10: La plage du poste 1.

Coordonnées géographiques: 36°53'15''N, 6°58'11''E



Figure 15. Image satellitaire représentant la station 10: La plage du poste 1 (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 11: La plage du poste 2.

Coordonnées géographiques: 36°53'18''N, 6°59'02''E



Figure 16. Image satellitaire représentant la station 11: La plage du poste 2 (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 12: La plage du poste 3.

Coordonnées géographiques: 36°53'20''N, 6°59'15''E



Figure 17. Image satellitaire représentant la station 12: La plage du poste 3 (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 13: La plage du poste 4.

Coordonnées géographiques: 36°53'25''N, 6°59'32''E



Figure 18. Image satellitaire représentant la station 13: La plage du poste 4 (Google Earth, 2014 modifiée).

Station 14: La plage du poste 5.

Coordonnées géographiques: 36°53'29''N, 6°59'54''E



Figure 19. Image satellitaire représentant la station 13: La plage du poste 5 (Google Earth, 2014 modifiée).

2. 3. Analyse des échantillons.

2. 3. 1. Physico-chimie des eaux.

Au total, 2520 analyses ont été réalisées mensuellement à raison de 5 paramètres au niveau de chacune des 14 stations. Ces caractéristiques sont constituées de variables mesurées *in situ* à l'aide de sondes de terrain WTW type 197-S (AFNOR, 1979) il s'agit, de la température, la salinité, le pH, la conductivité électrique de l'eau et le taux de saturation en O₂.

2. 3. 2. Bactériologie des eaux.

Au total, 1512 analyses bactériologiques ont été réalisées mensuellement dans les eaux de baignades de 14 stations. Nous avons récolté puis quantifié les CT, CF et les SF.

2. 3. 2. 1. Recherche et dénombrement des germes totaux.

C'est une estimation du nombre total de germes présents dans 1 ml d'eau de mer. Lorsque des ensemencements avec 1ml d'eau non diluée sont à pratiquer, nous agitons soigneusement et de façon prolongée l'échantillon pour remettre en suspension d'une

façon homogène les bactéries. Nous prélevons ensuite 2 fois 1ml de cette eau et déposons chaque prélèvement dans une boîte de pétri stérile (Fig. 20).

Si la lecture doit porter sur l'eau diluée, nous introduisons une série de tubes stériles correspondant au nombre de dilutions à utiliser, dans notre cas 9 ml d'eau stérile. Nous prélevons 1ml avec une pipette stérile et nous l'ajoutons au premier tube, ensuite nous prélevons de la même façon avec la même pipette 2 fois 1ml et nous le déposons chacun dans une boîte de pétri stérile. Ensuite nous agitons soigneusement le tube de dilution au 1/10 ainsi préparé pour y prélever à l'aide d'une pipette stérile 1 ml d'eau diluée au 1/10 et nous le déposons dans le 2^{ème} tube réalisant ainsi la dilution au 1/100. On continue ainsi jusqu'à ce que toutes les dilutions nécessaires soient effectuées (Fig. 20).

Une fois la gélose fondue, on la refroidit à 45 - 48 °C et on la maintient au bain-marie à cette température. Nous coulons aseptiquement la gélose sur l'extrait de levure dans la boîte de pétri, nous agitons doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire de bulles et sans mouiller les bords de la boîte. Nous laissons refroidir sur une surface parfaitement horizontale et fraîche. La moitié des boîtes ensemencées avec chacune des différentes dilutions d'eau est incubée, aussitôt après solidification, dans une étuve à 37°C ± 1 °C pendant 48 h. L'autre moitié est placée dans une autre étuve maintenue à une température de 20 à 22 °C durant 72 heures ± 3 h, les boîtes sont conservées à l'obscurité, couvercle en dessous. Le dénombrement est fait sur les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies. Si le nombre des colonies est indénombrable, nous estimons sur une fraction de la boîte (1/4 par exemple) puis on multiplie le chiffre obtenu par le facteur approprié. Les résultats sont exprimés en nombre total de bactéries aérobies mésophiles revivifiables dans 1 ml de l'échantillon.

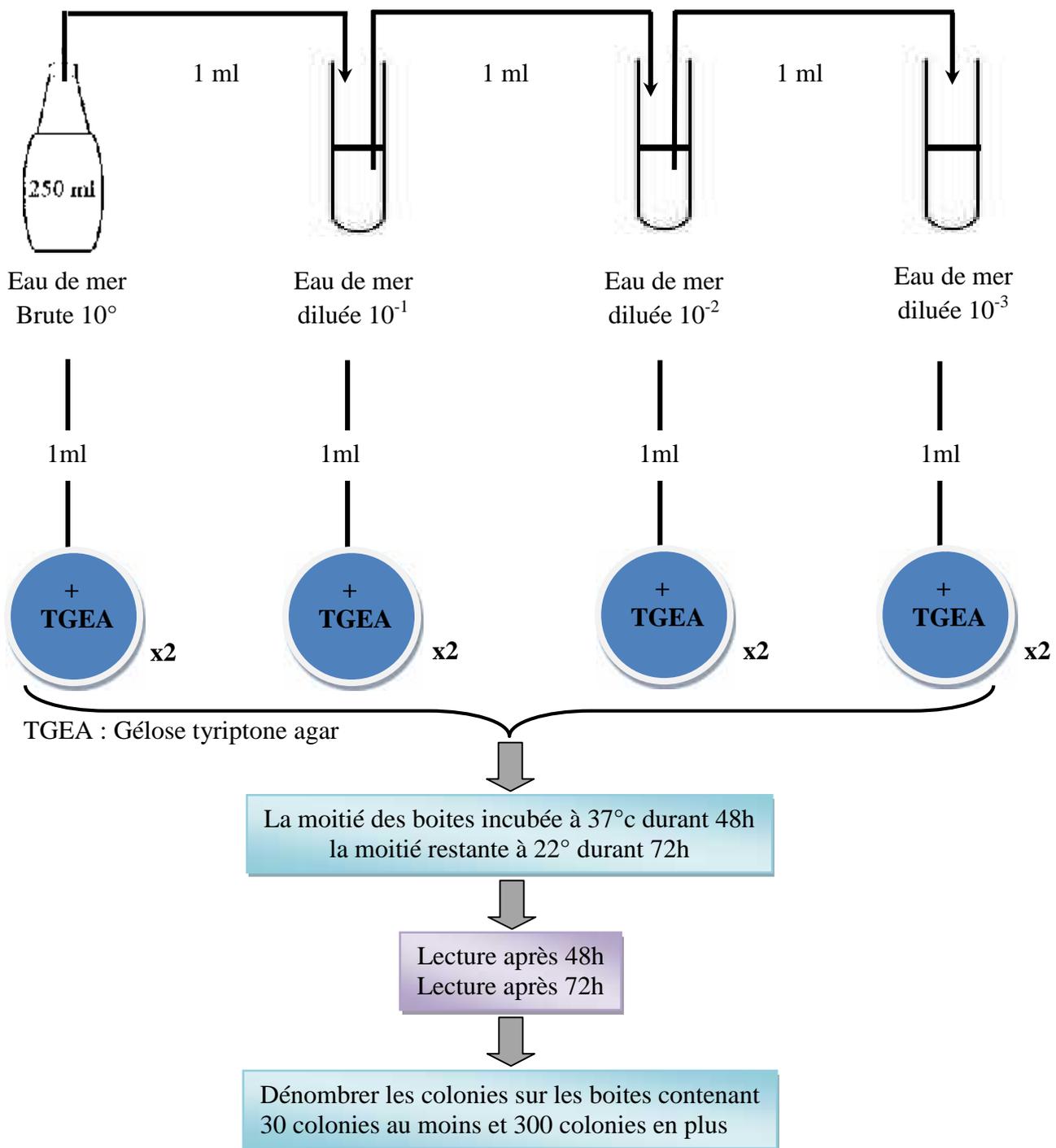


Figure 20. Schéma représentant le protocole expérimental de recherche et de dénombrement des germes totaux.

2. 3. 2. 2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et identification d'*E. coli* par ensemencement en milieux liquides.

Grace à la colimétrie nous avons décelé et a dénombré les germes coliformes par milles, dont seul *Escherichia coli* est d'origine fécale est certaine. Elle comporte 2 temps (Fig. 21); la recherche présomptive des coliformes totaux et la recherche confirmative d'*E. coli* et éventuellement des autres coliformes. Le dénombrement est effectué suivant la méthode du nombre le plus probable.

2. 3. 2. 2. 1. Recherche des coliformes totaux: test présomptif.

Bien que toute la 1^{ère} étape de colimétrie en milieu liquide ne conduise qu'à des résultats présomptifs, l'expression de test présomptif est réservée à l'inoculation et à la lecture des milieux d'ensemencement, la technique proposée nécessite le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (bouillon BCPL) comme milieu d'inoculation. Tous les tubes sont munis de cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

Nous commençons par ensemencer 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à double concentration (D/C) avec 10 ml de l'échantillon et 5 tubes de ml de bouillon BCPL à simple concentration (S/C) avec 1 ml de d'échantillon et enfin 5 tubes de BCPL (S/C) avec 0.1 ml de l'échantillon, on agite pour homogénéiser, sans faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham puis nous plaçons les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures. Nous précédon à une première lecture après cette incubation, sont considérés comme positifs, les tubes où il se produit simultanément un trouble dans toute la masse liquide et un dégagement de gaz dans la cloche. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportés aux tables de N.P.P. pour obtenir le nombre de CT présents dans 100 ml de l'échantillon.

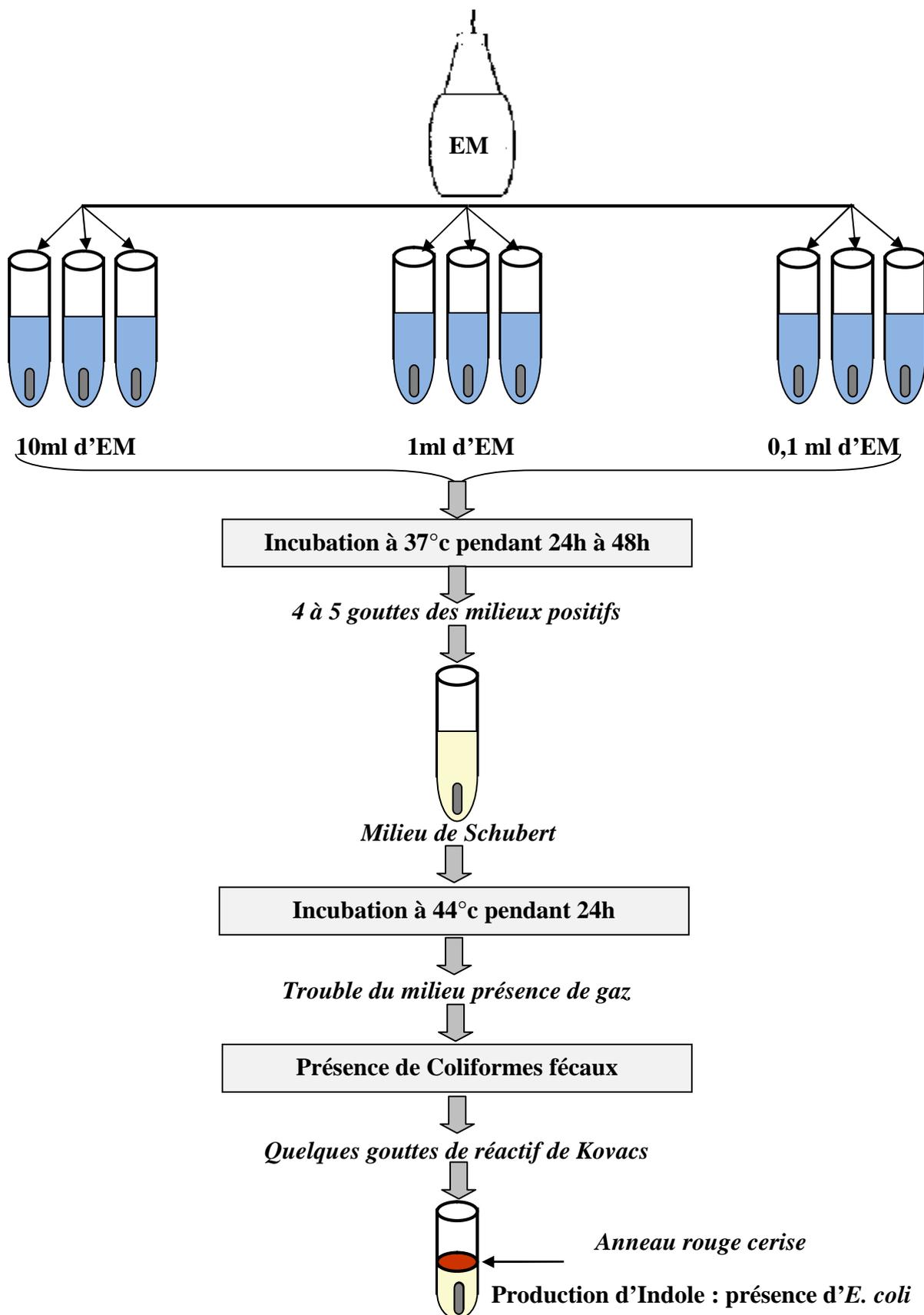


Figure 21. Schéma montrant le protocole expérimental de recherche et de dénombrement des coliformes avec identification d'*E. coli*. *EM* : Eau de mer

2. 3. 2. 2. Recherche d'*Escherichia coli*: test confirmatif.

A partir de chaque tube positif de bouillon lactose (BCPL) pour la recherche des CF, nous avonsensemencé 2 à 3 gouttes dans un milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham, que nous avons placé dans une étuve à 44 °C pendant 24 h. Les tubes qui présentent un trouble bactérien et un dégagement de gaz dans la cloche de Durham confirment la présence de CF. Les tubes positifs de bouillon de Schubert, additionnés au réactif de Kovacs se caractérisent par un anneau rouge cerise témoin de la production d'indol et donc de la présence d'*E. coli*.

Nous notons le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous reportons aux tables de N.P.P. pour obtenir le nombre de CF et d'*E. coli* présent dans 100 ml de l'échantillon.

2. 3. 2. 3. Recherche et dénombrement des SF par ensemencement en milieux liquides.

Cette recherche comporte une phase présomptive et une phase confirmative (Fig. 22)

2. 3. 2. 3. 1. Test de présomption:

Le test de présomption se fait sur en bouillon à l'azide de sodium c'est le bouillon de Rothe, constituant les tubes primaires en utilisant des milieux à simple et double concentration. On ensemence 5 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à double concentration (D/C) avec 10 ml de l'échantillon, 5 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 1 ml de l'échantillon et 5 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 0,1 ml de l'échantillon.

On a veillé à ce qu'aucune évaporation ne soit produite dans le milieu depuis sa préparation, car celle-ci entraînerait une concentration des produits inhibiteurs. Puis on a homogénéisé soigneusement, par agitation, le contenu des tubes. On a incubé ces derniers à 37 °C et les examiner après 48 h. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette phase sont présumés contenir un Streptocoque fécal et par conséquent soumis au test confirmatif.

2. 3. 2. 3. 2. Test de Confirmation :

Après agitation des tubes positifs obtenus par le test présomptif, on prélève sur chacun d'eux successivement quelques goûtes avec une pipette pasteur on les a reporté dans

des tubes de milieu de Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium. Après incubation à 37 °C pendant 24 h, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement ont été considérés comme positifs. On signale généralement la présence dans le fond des tubes d'une pastille blanche. Nous notons le nombre de tubes positifs dans chaque série puis on s'est reporté aux tables de N.P.P pour connaître le nombre de Streptocoques fécaux présents dans 100 ml de l'échantillon.

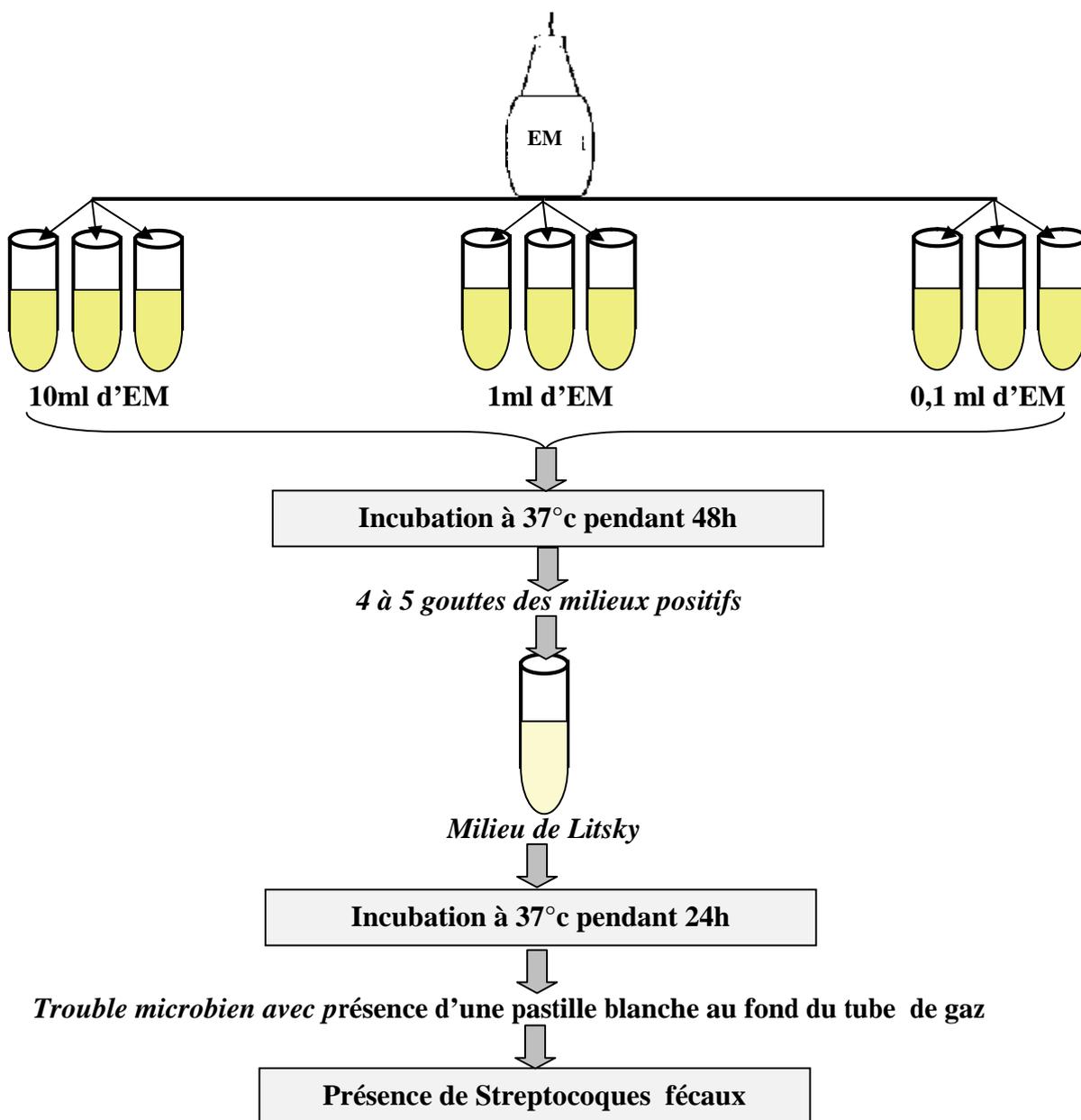


Figure 22. Schéma représentant le protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux. **EM:** Eau de mer

2. 3. 2. 4. Expression des résultats.

Pour les germes totaux le nombre de colonies compté sur une boîte, multiplié par 10 et éventuellement par l'inverse du rapport de dilution, indique le nombre de bactéries aérobies mésophiles contenues dans 1ml d'échantillon, ce constant doit être revivifiables dans les conditions d'expérience. Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml, en précisant la température et la durée d'incubation.

X colonies après 24 heures à 37°C, par ml d'eau.

Y colonies après 72 heures à 22°C, par ml d'eau.

Pour les coliformes totaux, CF et *E. coli* les résultats sont exprimés en nombre de germes par 100 ml d'eau; c'est en particulier l'expression prescrite par les instructions officielles Françaises et les recommandations internationales de L'O.M.S.

X coliformes par 100 ml

Y *Escherichia coli* par 100 ml Ou Z coliformes fécaux par 10 ml

et pour les streptocoques fécaux les résultats de dénombrement des SF sont exprimés comme ceux d'*E. coli* en nombre de germes par 100 ml.

2. 3. 3. Calcul de l'indice de Bourgeois: Rapport CF/SF.

La quantification de la flore de contamination fécale nous a permis de suivre l'évolution du rapport coliformes fécaux/ streptocoques fécaux dans les eaux de baignades des 14 stations. Lorsque le rapport CF/SF < 0,7 la pollution est principalement ou entièrement d'origine animale, notamment le bétail et en particulier les moutons, qui semble jouer un rôle prédominant dans la contamination de l'eau (Geldreich, 1976). Si le rapport est compris entre 0,7 et 1, la pollution est mixte à prédominance animale, et quand il est compris entre 1 et 2, l'origine de la pollution est incertaine, si il est compris entre 2 et 4, la pollution est mixte à prédominance humaine, et enfin quand il est > 4 la source de la pollution est exclusivement humaine (Borrego et Romero, 1982).

2.4. Méthodes d'analyses statistiques.

Toute étude statistique peut être décomposée au moins en 2 phases: la collecte des données, d'une part, et leur analyse ou interprétation, d'autre part alors que l'analyse statistique peut être décomposée en une étape déductive ou descriptive et l'autre inductive.

La statistique descriptive a pour but de mesurer et de présenter les données observées d'une manière telle qu'on puisse en prendre connaissance aisément.

L'inférence statistique permet d'étudier ou de généraliser dans certaines conditions les conclusions ainsi obtenues à l'aide de tests en prenant certains risques d'erreur qui sont mesurés grâce probabilités.

Dans cette thèse, tous les calculs ont été réalisés pour chaque variable et pour chacune des 14 stations, à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données Minitab version 16 (X, 2003).

2. 4. 1. Méthodes statistiques univariées.

Pour mieux décrire les résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques obtenus par station pour les 36 mois, nous avons calculé la moyenne arithmétique (\bar{x}), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart-type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (x_{\min}) et maximales (x_{\max}) qui donnent toutes les 2 une idée sur l'étendue des données.

2. 4. 1. 1. Comparaison entre années des caractéristiques moyennes: test t de Student pour échantillons indépendants.

Le test t de Student consiste à comparer les moyennes de 2 populations à l'aide des données de 2 échantillons indépendants (Dagnélie, 1970 et 2006). La réalisation de ce test a été faite en comparant la valeur observée t_{obs} avec la valeur théorique $t_{1-\alpha/2}$ tirée à partir de la table t de Student pour un niveau de signification $\alpha = 0,05$, et pour un certain nombre de degrés de liberté k, et en comparant la valeur de la probabilité p avec le niveau $\alpha = 0,05$. Dans le premier cas on a considéré l'existence de différences significatives entre les 2 moyennes quand la quantité $t_{\text{obs}} \geq t_{1-\alpha/2}$ et dans le 2^{ème} cas on a considère l'existence des différences significatives quand la valeur p $\leq \alpha$ à la valeur $\alpha = 0,05$. Les 2 méthodes aboutissent aux mêmes résultats.

Nous avons utilisé ce test pour comparer les moyennes, entre les années, pour chacune des 8 variables étudiées dans chaque station, 5 physico-chimiques et 3 bactériologiques. Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel Minitab (X, 2003).

2. 4. 1. 2. Comparaison entre stations des caractéristiques moyennes: test de l'analyse de la variance.

Pour comparer, entre les 10 stations, les moyennes de chacune des 19 caractéristiques, nous avons utilisé le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification modèle fixe qui compare les moyennes de plusieurs populations à partir de données d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (Dagnélie, 1970 et 2006).

La réalisation du test se fait, soit en comparant la valeur de F_{obs} avec la valeur théorique F_1 correspondante, extraite à partir de la table F de Fisher pour un niveau de signification $\alpha = 0,05$ ou $0,01$ ou $0,001$ et pour k_1 et k_2 degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs $\alpha = 5\%$ ou 1% ou $0,1\%$.

Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha = 0,05$, $0,01$ ou $0,001$, on dit conventionnellement que l'écart observé entre les moyennes est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts d'1, 2 ou 3 astérisques (Dagnélie, 1970 et 2006).

Nous avons utilisé ce test pour comparer entre les 14 stations les moyennes de chacune des 8 variables durant la période d'étude et aussi pour comparer entre les stations, les moyennes des 8 variables pour l'année d'étude. Les calculs ont été réalisés à l'aide de la procédure GLM du logiciel Minitab (X, 2003) pour chacune des 8 variables des 14 stations.

2. 4. 2. Méthodes Statistiques Multivariées.

2. 4. 2. 1. Comparaison entre stations pour l'ensemble des caractéristiques: test d'analyse de la variance multivariée MANOVA.

La comparaison des 14 stations, entre elles, pour l'ensemble des 8 variables mesurées, a été réalisée à l'aide de l'analyse de la variance multivariée en utilisant 3 tests statistiques: Wilk's lambda, Lawley-Hotteling et Pillai's trace (Dagnélie, 1970, 1986 et 2006).

Cette méthode est une extension de l'analyse de la variance univariée, quand on a plusieurs variables observées simultanément sur les mêmes individus ou stations. Les 3 tests cités précédemment et qui sont proposés par Palm (2000) et Dagnélie (1970 et 2006) sont tous asymptotiquement d'égale puissance et aucun test ne peut être recommandé de

manière systématique, de préférence aux autres (Dagnélie, 1986). Selon Huberty (1994) le test de Wilk's lambda est le plus usité.

Nous avons opté pour la commande MANOVA du logiciel Minitab, d'une part, aux données des 5 variables physicochimiques et, d'autre part, aux données des 3 autres variables bactériologiques collectées dans les 14 stations pendant les 36 mois, afin de réaliser, chaque fois, le test d'analyse de la variance multivariée modèle fixe.

2. 4. 2. 2. Recherche de stations similaires par l'analyse en composantes principales (ACP).

L'analyse en composante principale (ACP) est une méthode exploratoire et descriptive (Dagnélie, 1970, 1986 et 2006; Palm, 1998). Elle est utilisée pour interpréter une matrice de données sans structure particulière ne comportant, à priori, aucune distinction, ni entre les variables, ni entre les individus.

Elle a pour but de remplacer les p variables initiales fortement corrélées entre elles en p variables appelées composantes principales ou axes principaux synthétiques non corrélés entre elles et de variance progressivement décroissante. Les premières composantes pouvant éventuellement faire l'objet d'une interprétation particulière et les dernières pouvant généralement être négligées (Dagnélie, 1970, 1986 et 2006). Pour cela Dagnélie (1986) propose des tests statistiques pour déterminer le nombre de composantes significatives à prendre en considération. Cependant, dans la pratique, l'expérience montre que ces tests conduisent souvent à considérer comme distinctes un nombre relativement élevé de composantes, dont certaines ne possèdent en fait aucun intérêt. De plus ces tests ne sont applicables que dans des conditions relativement strictes de normalité certains auteurs préfèrent utiliser d'autres règles, les unes plus sommaires que les autres. Parmi celles-ci nous citons l'idée de négliger à priori, pour toute la matrice de corrélation, les valeurs propres inférieures à l'unité, c'est-à-dire inférieures à la contribution moyenne des différentes variables (Dagnélie, 1986).

Dans notre étude nous n'avons pris en considération que les composantes principales ayant une valeur propre > 1 . Ainsi l'ACP, a été appliquée à la matrice de données de dimension 14×08 , avec $n = 14$ vecteurs lignes représentant les stations et $p = 8$ colonnes représentant les vecteurs de moyennes des caractéristiques physicochimiques et bactériologiques mesurées mensuellement entre juin 2008 et mai 2011.

2. 4. 2. 3. Recherche de classes de stations homogènes par l'analyse hiérarchique ou classification hiérarchique.

La recherche de groupes ou de classes de stations homogènes peut également se faire par la classification hiérarchique. Plusieurs méthodes sont proposées par Dagnélie (1986) pour atteindre ce but. la bibliographie qui concerne cette approche est d'ailleurs relativement limitée (Cox et Cowpertwait, 1992; El Kherrak, 1993; Bautista et *al.*, 1997 et Di Rienzo et *al.*, 2002). Dans ce travail nous n'avons utilisé celle proposée par Bouroche et Saporta (1980) et qui est reprise par Palm (2000) et Dagnélie en 1970 et en 2006 et dont l'algorithme est programmé dans le logiciel Minitab (X, 2003).

Cette méthode nous a permis de déterminer le niveau de similitude ou de divergence entre les individus (ou stations) et nous a donné une répartition des individus ou stations en groupes ou classes homogènes.

C'est une méthode hiérarchique agglomérative qui utilise la procédure du lien simple et la distance carré de Pearson (X, 2003) pour classier les 14 stations en classes aussi homogènes que possibles. Nous l'avons appliquée sur la matrice de données de dimension 14 x 08, avec n = 14 vecteurs lignes (stations) et p = 8 vecteurs moyennes colonnes représentant les 08 variables physicochimiques et bactériologiques mesurées dans les 14 stations durant les 36 mois de l'étude.

Résultats et Interprétations

3. Résultats et interprétations

3. 1. Résultats des analyses physico-chimiques.

3. 1. 1. Résultats des analyses statistiques univariées.

Dans cette partie, nous présentons les résultats de la description des données obtenues dans chaque station et pour chacune des variables mesurées sur les 3 zones du littoral de la wilaya de Skikda la commune chef-lieu (SZE1), cité de Sotra (SZE2) et la cité Larbi Ben M’hidi (SZE3). Cette description est ensuite commentée et comparée d’une part, aux références bibliographiques, d’autre part, aux normes et textes Algériens qui régissent les paramètres physico-chimiques.

3. 1. 1. 1. Présentation des données.

3. 1. 1. 1. 1. Température.

La valeur moyenne des températures enregistrées au cours de la période d’étude dans les 3 zones le long du golf de Skikda sont représentées dans le tableau 8, elle est de l’ordre de 19,48 variant avec un maximum de 19,48 °C à la St. 14 en été et un minimum de 17,55 °C à la St. 3 en hiver. Ces valeurs obtenues sont conformes à la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006).

Tableau 8. Paramètres statistiques de la description des données de température mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations. **n**: nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, **S**: Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.

Stations	n	\bar{X}	S	$X_{Min.}$	$X_{Max.}$
St.1	36	17,82	2,93	13,00	21,90
St.2	36	17,96	3,00	13,10	22,10
St.3	36	17,55	2,51	13,20	21,20
St.4	36	18,08	3,11	13,00	22,30
St.5	36	18,18	3,11	13,00	22,40
St.6	36	17,88	2,85	13,50	21,90
St.7	36	18,11	2,86	13,20	22,10
St.8	36	17,57	2,55	13,00	21,20
St.9	36	18,89	3,42	13,70	23,40
St.10	36	19,02	3,51	13,75	23,60
St.11	36	18,60	3,05	13,75	22,70
St.12	36	19,21	3,54	13,90	23,80
St.13	36	19,43	3,41	13,75	23,90
St.14	36	19,49	3,21	14,50	23,80

D'après les résultats obtenus les températures en enregistrées des valeurs minimales d'ordre de 13 °C dans les St. 1, St. 4, St. 5 et la St. 8. Et des valeurs maximales d'ordre de 23,90 °C dans la station 13.

3. 1. 1. 1. 2. Salinité.

Dans les eaux de surface du littoral, on observe une salinité moyenne de 35,15 dans la St. 5, avec un maximum de 39,3 en été, Le minimum avoisine de 33,3. (Tab. 9).

Tableau 9. Paramètres statistiques de la description des données de la salinité mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations. **n**: Nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, **S**: Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.

Stations	n	\bar{X}	S	$X_{Min.}$	$X_{Max.}$
St.1	36	35,59	1,34	33,20	37,40
St.2	36	35,54	1,39	33,30	37,50
St.3	36	35,94	1,60	33,40	39,10
St.4	36	35,83	1,60	33,20	38,60
St.5	36	36,15	1,83	33,30	39,30
St.6	36	36,03	1,77	33,20	38,70
St.7	36	36,10	1,74	33,30	38,80
St.8	36	35,80	1,36	33,40	37,40
St.9	36	35,77	1,13	33,70	37,30
St.10	36	35,82	1,10	33,80	37,30
St.11	36	35,88	1,11	33,90	37,40
St.12	36	35,87	1,24	33,70	37,60
St.13	36	35,91	1,18	33,80	37,50
St.14	36	35,86	1,18	33,80	37,60

Le tableau 9 présente des moyennes de salinités d'un maximum de 39,30 dans la St. 5 et un minimum de 33,20 dans la St. 1 et St. 6. Ces valeurs sont nettement supérieures à la norme Algérienne recommandée qui est de 35 (JORA, 2006).

3. 1. 1. 1. 3. Potentiel d'hydrogène.

La valeur moyenne des pH mesurés dans les eaux de la baie de Skikda sont représentées dans le Tableau 10, avec des moyennes maximales d'ordre 8,50 à la St. 7 et un minimum de 7,51. Les valeurs moyennes enregistrées restent dans l'ensemble conforme à la norme Algérienne recommandée ne dépassant pas la valeur de 8 (JORA, 2003).

Tableau 10. Paramètres statistiques de la description des données du pH mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations. **n**: Nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, **S**: Ecart type, $X_{Min.}$: Valeurs minimales, $X_{Max.}$: Valeurs maximales.

Stations	n	\bar{X}	S	$X_{Min.}$	$X_{Max.}$
St.1	36	7,93	0,25	7,50	8,300
St.2	36	7,95	0,26	7,51	8,40
St.3	36	7,87	0,34	7,37	8,49
St.4	36	7,94	0,25	7,52	8,35
St.5	36	7,95	0,29	7,47	8,40
St.6	36	7,97	0,29	7,50	8,42
St.7	36	7,98	0,29	7,51	8,50
St.8	36	7,77	0,25	7,47	8,20
St.9	36	7,95	0,32	7,50	8,45
St.10	36	7,94	0,32	7,29	8,46
St.11	36	7,85	0,26	7,50	8,23
St.12	36	7,98	0,29	7,37	8,47
St.13	36	7,94	0,30	7,38	8,42
St.14	36	7,97	0,24	7,53	8,38

3. 1. 1. 1. 4. Conductivité électrique.

La mesure de la conductivité nous a la minéralisation globale de l'eau et de suivre l'évolution.

Selon les recommandations de la réglementation Européenne qui donnent quelques indications sur la relation existant entre la minéralisation et la conductivité, nos résultat nous laissent suggérer que les eaux du littoral de Skikda varient entre une minéralisation

moyenne d'ordre de 55,92 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale enregistrée à la St. 13 d'ordre 59.30 $\mu\text{s} / \text{cm}$ une valeur minimale d'ordre 48.40 $\mu\text{s} / \text{cm}$ dans la St. Et la St. 6. (Tab. 11).

Tableau 11. Représentation des paramètres statistiques de la description des résultats de la conductivité électrique obtenus dans les eaux de baignade en fonction des stations. **n**: Nombre des mois, \bar{X} : Moyenne des mois confondus, **S**: Ecart type, **X_{Min.}**: Valeurs minimales, **X_{Max.}**: Valeurs maximales.

Stations	N	\bar{X}	S	X _{Min.}	X _{Max.}
St.1	36	51,10	1,40	48,40	52,80
St.2	36	52,40	1,83	49,00	54,90
St.3	36	52,61	1,70	49,40	55,00
St.4	36	53,14	1,17	51,00	54,80
St.5	36	52,20	1,94	48,60	54,70
St.6	36	52,18	2,09	48,40	54,90
St.7	36	52,51	1,89	49,00	55,00
St.8	36	53,04	2,02	49,40	55,80
St.9	36	54,77	3,17	49,90	58,95
St.10	36	55,05	2,91	50,50	58,95
St.11	36	55,13	2,71	50,90	58,85
St.12	36	55,92	2,28	52,50	59,20
St.13	36	55,07	3,24	50,10	59,30
St.14	36	54,85	2,97	50,20	58,80

3. 1. 1. 1. 5. Taux de saturation en O₂.

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

Tableau 12. Représentation des paramètres statistiques de la description des mesures d’O₂ dissous mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations étudiées. **n**: Nombre des mois, **\bar{X}** : Moyenne des mois confondus, **S**: Ecart type, **X_{Min.}**: Valeurs minimales, **X_{Max.}**: Valeurs maximales.

Stations	n	\bar{X}	S	X _{Min.}	X _{Max.}
St.1	36	93,21	15,79	60,30	105,25
St.2	36	89,81	13,57	61,30	100,65
St.3	36	97,68	17,38	61,40	110,55
St.4	36	91,50	14,34	61,00	102,75
St.5	36	91,40	14,48	62,10	102,75
St.6	36	93,55	15,31	60,30	105,25
St.7	36	90,10	13,14	61,30	100,65
St.8	36	97,95	16,94	61,40	110,55
St.9	36	94,58	16,00	61,80	106,75
St.10	36	91,13	13,82	62,80	102,15
St.11	36	99,29	17,19	62,90	112,05
St.12	36	93,00	14,33	62,50	104,25
St.13	36	93,05	14,26	63,60	104,25
St.14	36	93,92	12,52	68,40	104,25

Le tableau 12 montre que le taux de saturation est en moyenne de 99,29 % enregistrée à la St. 11 variant entre une valeur minimale d’ordre de 60,30 % pour les stations 1 et 6 et un maximum de 112,05 % dans la St. 11.

3. 1. 1. 2. Analyse de la variance univariée ANOVA.

Les résultats du test d’analyse de la variance univariée modèle fixe appliquée à chacune des 5 variables physico-chimiques mesurées figurent dans le tableau 13 entre les stations et entre les mois dans le tableau 14 entre juin 2008 et mai 2011.

Nous avons comparé entre les 14 stations, l’égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée. L’examen des résultats (Tab. 13) montre l’existence de

différences très hautement significatives avec $P < F$ entre les 14 stations pour la variable conductivité électrique, et l'absence de différences significatives avec $P > F$ entre les 14 stations pour chacune des variables de la température, la salinité, le pH et l'O₂ dissous.

Tableau 13. Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations, des moyennes de chacune des 5 variables physico-chimiques entre juin 2008 et mai 2011.

Variables	Sources de variation	ddl	SCE	CM	F _{obs.}	P
Température	Stations	13	78,241	6,019	0,63	0,827 ns
Salinité	Stations	13	4,864	0,374	0,18	0,999 ns
pH	Stations	13	0,60265	0,04636	0,57	0,874 ns
Conductivité électrique	Stations	13	380,119	29,240	5,41	0,000***
O ₂ dissous	Stations	13	1453,3	111,8	0,50	0,924 ns

p > = 0,05 : (ns) différences non significative

p = 0,05 : (*) différences juste significatives

p = 0,01 : (**) différences hautement significatives

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

ddl : degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

F_{obs.} : valeur F de Fisher.

Les résultats obtenus à partir du test d'analyse de la variance univariée modèle fixe pour chacune des 5 variables physico-chimiques mesurées entre mois sont représentés dans le tableau 14, le but est de comparer, entre les 14 stations, l'égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée.

Les résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 5 variables physico-chimiques entre juin 2008 et mai 2011 (Tab. 14) qui montre l'existence de différences très hautement significatives $P < F$ entre les 36 mois pour l'ensemble des variables température, salinité, pH, conductivité électrique et l'O₂ dissous.

Les différences significatives constatées sont liées à la nature de l'activité du littoral, aux différents types d'eau rejetées et charriées par le bassin versant du Saf saf sur

le golfe et aux caractéristiques propres à chaque milieu (eau marine) comme le signal Bliefert et Perraud en 2001.

Tableau 14. Résultats de l’analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 05 variables physico-chimiques entre juin 2008 et mai 2011.

Variables	Sources de variation	ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Température	Mois	35	1576,01	131,33	205	0,000***
Salinité	Mois	35	286,552	23,879	69,45	0,000***
pH	Mois	35	7,68058	0,64005	16,54	0,000***
Conductivité électrique	Mois	35	780,937	65,078	21,65	0,000***
O ₂ dissous	Mois	35	37346,6	3112,2	271,49	0,000***

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

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Mezedjri et Tahar (2006a et 2006b), car lors d’une étude préliminaire ces auteurs concluent à l’inexistence de différences significatives sur les rejets industriels dans l’oued Saf saf, et l’eau de mer du golfe de Skikda, de Même, Mezedjri (2008) a montré que sur une année les résultats obtenus par le test d’ANOVA des paramètres physico-chimiques aboutissent aux mêmes conclusions que ceux obtenus sur les 2 années de prélèvement.

3. 1. 2. Résultats des analyses statistiques multivariées.

3. 1. 2. 1. Test d’analyse de la variance multivariée.

Le test d’analyse de la variance multivariée MANOVA a été appliqué, à la matrice de données de dimensions n x p = 14 x 5, ou n représente les 14 stations et p les 5 variables physico-chimiques, la température, la salinité, le pH, conductivité électrique et l’O₂ dissous et à la matrice de dimensions n x p = 36 x 5, ou n représente les 36 mois et p les 5 variables physico-chimiques.

Les résultats des 3 tests Wilk's, Lawley-Hotelling et Pillai's des tests de la MANOVA appliquées entre station et entre mois pour chacune des 2 matrices de données aboutissent aux mêmes résultats. C'est-à-dire que pour les caractéristiques physico-chimiques, la température, la salinité, le pH, conductivité électrique et l'O₂ dissous les 3 tests concluent à l'existence de différences très hautement significatives entre les 14 stations avec $P < F$ (Tab. 15 et 16),

Tableau 15. Représentation des résultats des tests de la MANOVA appliquées entre station, des moyennes des paramètres physico-chimiques de juin 2008 à mai 2011 durant les 36 mois.

Tests	Valeurs observé du test	Fobs	P
Wilk's	0,24264	4,187	0,000***
Lawley-Hotelling	2,72559	6,810	0,000***
Pillai's	0,85656	2,672	0,000***

Tableau 16. Représentation des résultats des tests de la MANOVA appliquées entre mois, des moyennes des chacune des 5 paramètres physico-chimiques de juin 2008 à mai 2011 dans les 14 stations.

Tests	Valeurs observé du test	Fobs	P
Wilk's	0.00018	69.015	0,000***
Lawley-Hotelling	74,15973	201,962	0,000***
Pillai's	3,07963	22,585	0,000***

Dans le 1^{er} cas, les tests de la MANOVA confirment totalement les résultats du test des analyses de la variance univariées ANOVA, et dans le deuxième cas les tests de la MANOVA ne confirment pas les résultats du test des analyses de la variance univariées ANOVA obtenus précédemment dans l'ensemble des variables à l'exception de la conductivité électrique qui la confirme.

3. 1. 2. 2. Analyse en composantes principales (ACP).

L'analyse en composantes principales a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 5 variables physico-chimiques centrées réduites prises 2 à 2. Les calculs réalisés avec le logiciel Minitab nous ont donné les caractéristiques des 5 axes principaux, les 3 premiers possédant chacun une valeur propre > 1 soit à la contribution moyenne des différentes variables c'est-à-dire à la moyenne arithmétique de toutes les valeurs propres.

Le tableau 17, représentent les valeurs propres, les pourcentages de variation expliquée par chacun des 3 axes retenus, ainsi que les pourcentages cumulés. Le premier axe explique à lui seul 42 % de la variation totale des variables initiales. Ensemble les 2 premiers axes expliquent 75,30 % et enfin les 3 premiers axes justifient 95,30 %. Donc ces 3 axes ou indices synthétiques résument l'information apportée par les 5 variables physico-chimiques initiales.

Tableau 17. Représentation des valeurs propres et pourcentages de variation totale expliqués par les 3 premiers axes principaux et pourcentages cumulés des moyennes des paramètres physico-chimiques.

Paramètres	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Valeur propre	2,0983	1,6652	1,0013
Pourcentage expliqué en %	42	33,3	20
Pourcentage cumulé en %	42	75,3	95,3

Le logiciel Minitab fournit, également le graphique des valeurs propres en fonction du rang de toutes les composantes principales (Fig. 23). Ce graphique montre l'existence d'un coude c'est-à-dire une réduction de la pente du graphique permettant ainsi de négliger toutes les composantes correspondant aux valeurs propres situées au-delà ce coude (trait rouge discontinu).

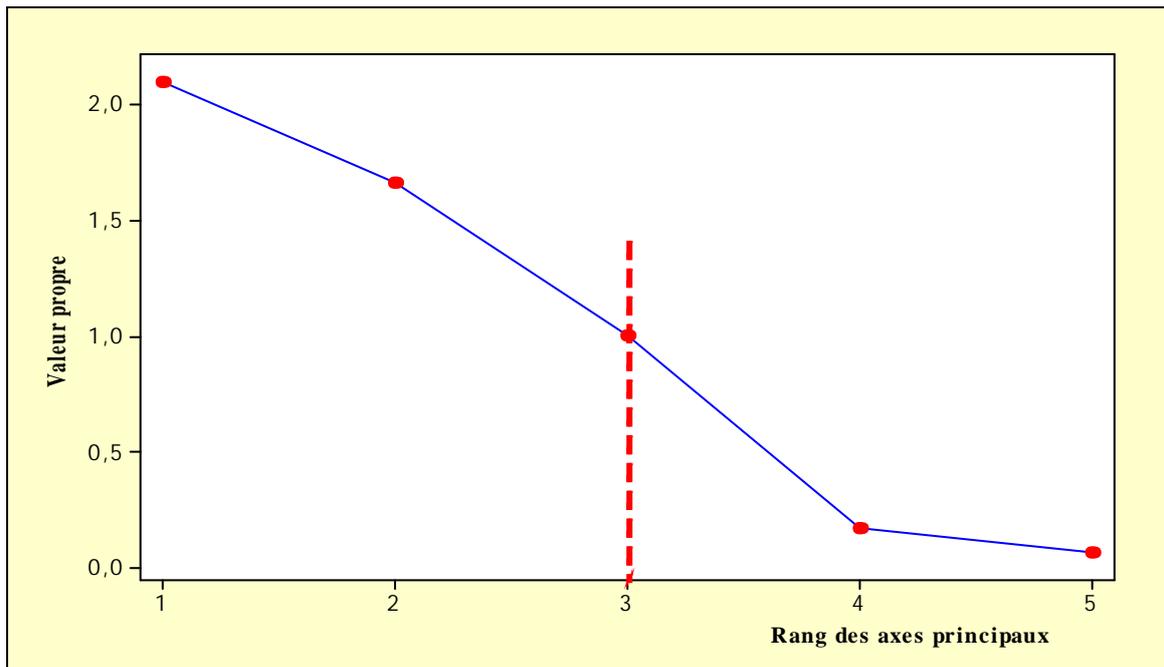


Figure 23. Représentation graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales.

Sur la base de leur position dans le premier plan factoriel 1-2, on distingue 10 groupes de stations (Fig. 24):

- ✓ Le 1^{er} groupe est la St. 1, représenté par la plage château vert, de la commune de Skikda chef-lieu,
- ✓ Le 2^{ème} groupe est la St. 2, représenté par la plage Casino, de la commune de Skikda chef-lieu,
- ✓ Le 3^{ème} groupe est la St. 6, représenté par la plage Paradis, de la cité de Stora,
- ✓ Le 4^{ème} groupe est la St. 4, représenté par la plage Militaire 1, de la cité de Stora,
- ✓ Le 5^{ème} groupe est la St. 3 représenté par la plage Markette, de la commune de Skikda chef-lieu,
- ✓ Le 6^{ème} groupe est la St. 8 représenté par la plage Miramar, de la cité de Stora,
- ✓ Le 7^{ème} groupe est la St. 11 représenté par la plage Poste 1 de la Cité de de Larbi Ben M'hidi,
- ✓ Le 8^{ème} groupe regroupe est les stations 5 et 7, est représenté respectivement par les plages Militaire 2 de la commune de Skikda chef-lieu et la plage de Molo de la cité de Stora,

- ✓ Le 9^{ème} groupe qui correspond à la St. 9 est représenté par la plage en face du camp d'étoile de la cité Larbi Ben M'hidi,
- ✓ Le 10^{ème} groupe est composé des stations, 12, 13 et 14, représenté respectivement par les plages des postes de 1, 3, 4 et 5, de la cité Larbi Ben M'hidi.

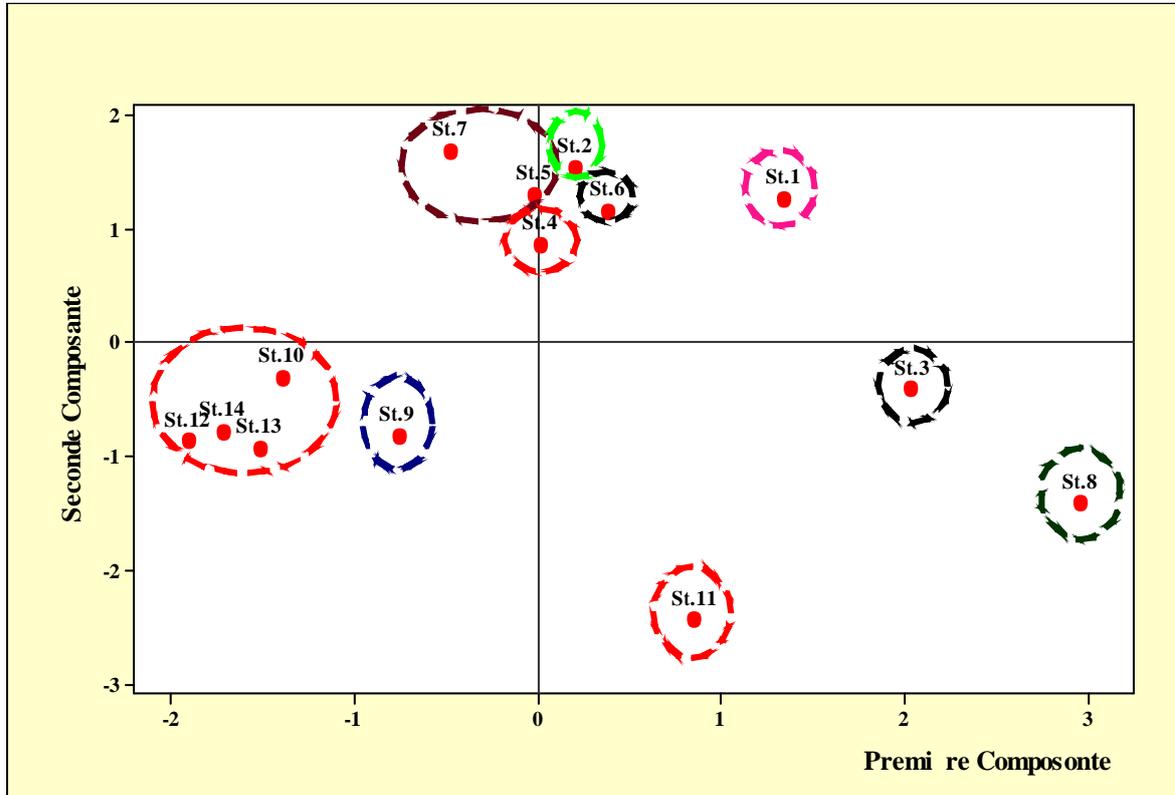


Figure 24. Représentation graphique des points individus (St.) dans le plan factoriel 1-2.

3. 1. 2. 3. Analyse hiérarchique.

L'utilisation des méthodes de classification numérique, en complément à l'analyse de la variance, est peu courante (Dagnélie, 2006).

Ces méthodes de regroupement des moyennes sont très nombreuses et très diversifiées, en matière de classification de moyennes, les résultats obtenus sont dans l'ensemble peu dépendants des méthodes utilisées (Dagnélie, 2006).

Le regroupement des 14 stations d'échantillonnage en fonction de la qualité physico-chimique des eaux analysées, au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carrée de Pearson et pour un niveau de similarité minimale de 92,69 %, permet de distinguer 10 groupes homogènes distincts (Fig. 25).

Le 1^{er} groupe composé par la plage de château vert, de la commune de Skikda chef-lieu, est préservée de la pollution. Ne recevant aucun égout ou rejets même minimes, néanmoins, elle est mitoyenne à la jetée qui reste polluée. C'est pour cette raison qu'elle est prisée par les familles car elle est proche de la ville.

Le 2^{ème} groupe composé de la plage Casino, de la commune de Skikda chef-lieu, également préservé de la pollution.

Le 3^{ème} groupe représenté par la plage Paradis, de la cité de Stora, très lointaine de toute pollution urbaine ou industrielle.

Le 4^{ème} groupe représenté par la plage Militaire 1, de la cité de Stora, comporte des rejets urbains qui sont charriés par les eaux d'Oued Griva.

Le 5^{ème} groupe est la station 3 représentée par la plage Markette, de la commune de Skikda chef-lieu, fortement polluée par des rejets urbains des habitations locales et les activités touristiques comme les restaurants.

Le 6^{ème} groupe est la station 8 représentée par la plage Miramar, de la cité de Stora, très lointaine de toute pollution urbaine ou industrielle, et urbanisation.

Le 7^{ème} groupe est la station 11 représentée par la plage Poste 1 de la Cité de de Larbi Ben M'hidi, peu touchée par la pollution industrielle en rapport avec les rejets du complexe Sonatrach, en plus de quelques habitations situées à proximité.

Le 8^{ème} groupe est composé des stations 5 et 7, il est représenté respectivement par les plages Militaire 2 de la commune de Skikda chef-lieu et la plage de Molode la cité de Stora, on note une absence totale de toute pollution dans ces 2 plages.

Le 9^{ème} groupe est la station 9 représentée par la plage en face du camp d'étoile de la cité Larbi Ben M'hidi, pollution industrielle fréquente due aux rejets du complexe Sonatrach, en plus des habitations et des diversement du camp d'étoile saisonnier surtout en période estivale.

Enfin, le 10^{ème} est dernier groupe est constitué par les stations 10, 12, 13 et 14, représenté par les plages des postes de 1, 3, 4 et 5, de la cité Larbi Ben M'hidi. Elles sont toutes caractérisées par des divers rejets urbains et lieux d'activités des restaurations sur le long du littoral.

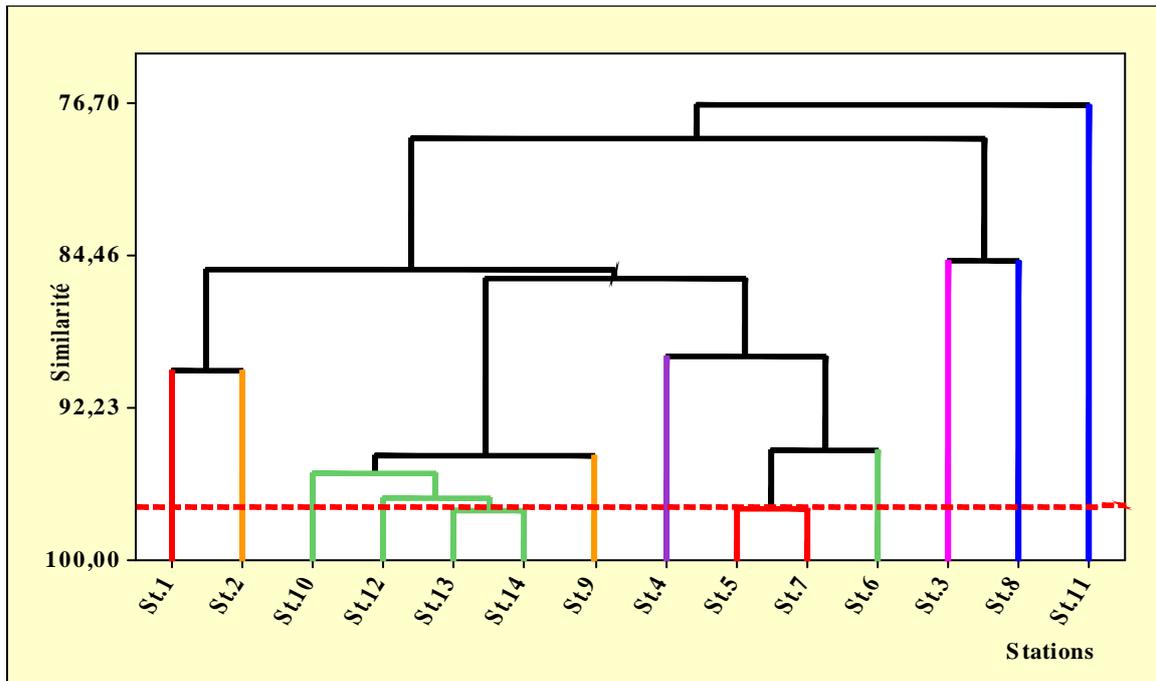


Figure 25. Dendrogramme représentant le regroupement des 14 stations échantillonnées, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson.

A ce niveau de similarité de 92,69 % les résultats de l'analyse hiérarchique confirment ceux obtenus par l'ACP. En effet, on note, que les méthodes de classification numérique éliminent complètement les chevauchements et les incohérences qui caractérisent l'ensemble des méthodes de comparaisons multiples de moyennes. Par ailleurs, le regroupement des variables au moyen du lien simple et de la distance basée sur le coefficient de corrélation, donne 4 groupes homogènes, pour un taux de similarité de 92,69 % (Fig. 26). Le 1^{er} groupe est relatif aux rapprochements des variables de la température et la conductivité électrique, le 2^{ème} groupe comprend à la variable pH, le 3^{ème} groupe concerne la saturation en O₂ dissous et le 4^{ème} groupe représente la salinité.

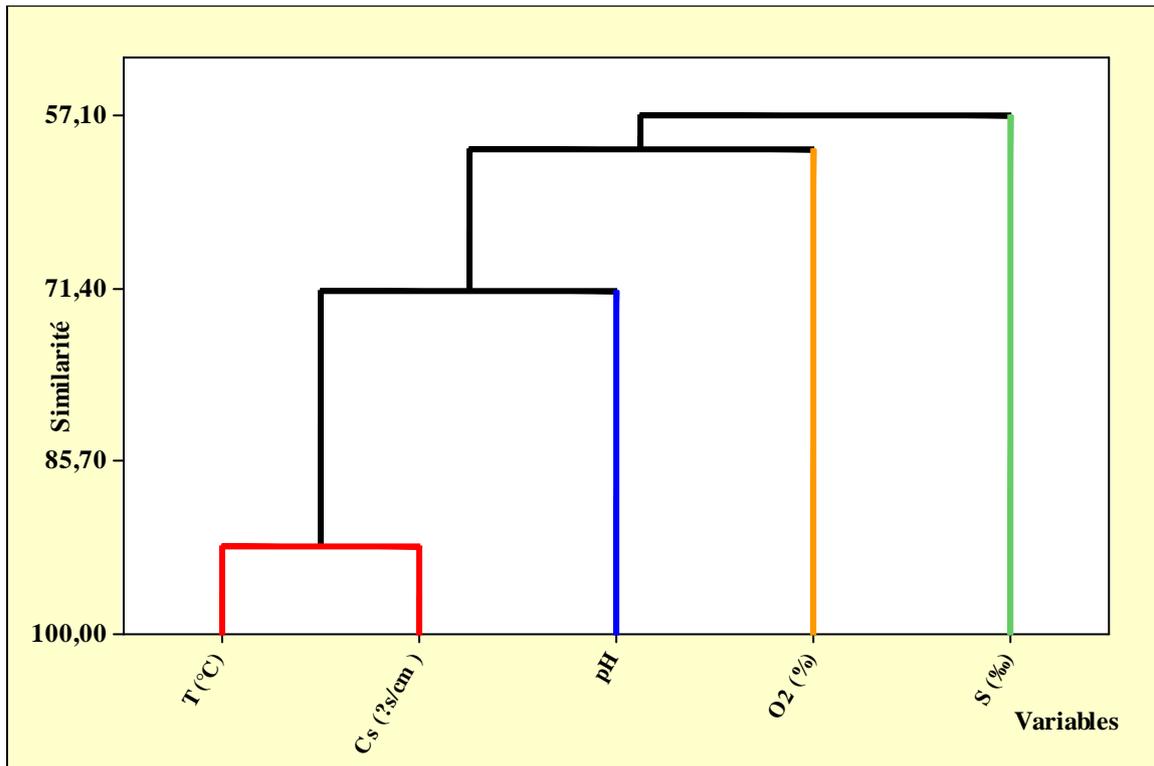


Figure 26. Dendrogramme regroupant les 5 variables physico-chimiques, obtenu à l'aide du lien simple et de la distance du coefficient de corrélation.

Cette méthode montre bien et met en valeur les relations entre les variables physico-chimiques grâce au coefficient de corrélation. L'analyse hiérarchique a permis de distinguer le même nombre de groupes avec les mêmes variables que l'ACP.

3. 2. Résultats des analyses bactériologiques.

3. 2. 1. Résultats des analyses statistiques univariées.

3. 2. 1. 1. Présentation des données.

3. 2. 1. 1. 1. Coliformes totaux.

Concernant les concentrations moyennes des CT obtenues au cours de la période d'étude dans les 3 sous zones sur le long du golfe de Skikda sont représentées dans le tableau 18, d'une valeur moyenne d'ordre de 159, 80 UFC/100ml avec un maximum d'ordre de 2100 UFC/100ml à la station 12 et un minimum d'ordre zéro UFC/100ml dans l'ensemble des stations étudiées à l'exception des St. 4 et St. 5. Ces valeurs obtenues sont conformes à la norme recommandée (JORA n° : 46 Décrit exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993)

Tableau 18. Paramètres statistiques de la description des données des CT (UFC/100ml) mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations.

Stations	n	\bar{X}	S	X _{Min}	X _{Max}
St.1	36	581,77	598,73	0	1400
St.2	36	263,31	477,63	0	1100
St.3	36	239,77	468,96	0	1400
St.4	36	340,77	553,35	7	1400
St.5	36	84,23	124,56	20	460
St.6	36	17,23	14,36	0	43
St.7	36	86,08	304,66	0	1100
St.8	36	95,08	149,36	0	460
St.9	36	130,85	383,35	0	1400
St.10	36	70,46	160,11	0	460
St.11	36	24,85	66,07	0	240
St.12	36	277,00	622,90	0	2100
St.13	36	03,15	04,70	0	11
St.14	36	22,69	36,62	0	93

3. 2. 1. 1. 2. Coliformes fécaux.

Concernant les CF des eaux de surface du littoral, on enregistre une valeur moyenne d'ordre 0.291 UFC/100ml, avec des valeurs supérieures de 3 UFC/100ml dans les St. 3 et 4, et de 4 UFC/100ml dans les St. 2 et 6 et de 15 UFC/100ml dans la St. 5, dépassant les normes Algérienne (JORA n° : 46 Décrit exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993)(Tab. 19).

Tableau 19. Paramètres statistiques de la description des données des CF (UFC/100ml) mesurées dans les eaux de baignade en fonction des stations.

Stations	N	\bar{X}	S	X _{Min}	X _{Max}
St.1	36	0	0	0	0
St.2	36	0,31	1,11	0	4
St.3	36	0,23	0,83	0	3
St.4	36	0,92	1,44	0	3
St.5	36	1,85	4,67	0	15
St.6	36	0,77	1,48	0	4
St.7	36	0	0	0	0
St.8	36	0	0	0	0
St.9	36	0	0	0	0
St.10	36	0	0	0	0
St.11	36	0	0	0	0
St.12	36	0	0	0	0
St.13	36	0	0	0	0
St.14	36	0	0	0	0

3. 2. 1. 1. 3. Streptocoques fécaux.

La valeur moyenne des streptocoques fécaux enregistrés au cours de la période d'étude au niveau du golfe de Skikda (Tab. 20), est de l'ordre de 38,75 UFC/100ml avec un maximum dans les eaux de la St. 1 (Château vert) d'ordre 1400UFC/100ml, et un minimum nul expliquant l'absence totale des germes. Ces valeurs obtenues sont conformes à la norme Algérienne ne dépassant pas les valeurs requises à une contamination bactérienne. (JORA n° : 46 Décret exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993).

Tableau 20. Paramètres statistiques de la description des données des SF (UFC/100ml) mesurées au niveau des eaux de baignade en fonction des stations.

Stations	n	\bar{X}	S	X _{Min.}	X _{Max.}
St.1	36	110,077	387,65	0	1400
St.2	36	7,385	25,738	0	93
St.3	36	7,077	17,576	0	64
St.4	36	303,692	572,379	0	1400
St.5	36	43,462	127,714	0	460
St.6	36	2,231	8,043	0	29
St.7	36	0	0	0	0
St.8	36	9,923	18,857	0	43
St.9	36	39,077	126,561	0	460
St.10	36	1,538	3,755	0	10
St.11	36	1,385	3,38	0	9
St.12	36	13,154	26,156	0	93
St.13	36	1,308	2,75	0	9
St.14	36	2,231	8,043	0	29

3. 2. 1. 2. Analyse de la variance univariée -ANOVA-.

Les résultats du test d’analyse de la variance univariée modèle fixe appliquée à chacune des 3 variables bactériologiques figurent dans le tableau 21, et celles entre les stations et entre les mois dans le tableau 22.

Il s’agit de comparer, entre les 14 stations, l’égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée, pour la période d’étude.

Le tableau 21, montre l’existence des différences hautement significatives entre les 14 stations pour les variables Coliformes totaux et Streptocoque fécaux $P < F$ et des différences justes significatives pour la variable Coliformes fécaux. $P < F$

Tableau 21. Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations, des moyennes de chacune des 3 variables bactériologiques entre juin 2008 et mai 2011.

Variables en UFC/100ml	Sources de variation	ddl	SCE	CM	F _{obs}	P
Coliformes totaux (CT)	Station	13	4519870	347682	2,69	0,002**
Coliformes fécaux (CF)	Station	13	49,566	3,813	1,91	0,032*
Streptocoques fécaux (SF)	Station	13	1132678	87129	2.38	0.006**

p > = 0,05 : (ns) différences non significative

p = 0,05 : (*) différences juste significatives

p = 0,01 : (**) différences hautement significatives

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

ddl : degrés de liberté

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur F de Fisher.

D'autre part, les résultats du test d'analyse de la variance univariée modèle fixe obtenus pour chacune des 3 variables bactériologiques mesurées entre mois, durant la période d'étude sont présentés dans le tableau 22 et le but étant de comparer entre les 14 stations, l'égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée.

L'examen des résultats du tableau 22, montre l'existence de différences juste significatives entre les 13 mois pour la variable CF, et l'absence de différences significatives entre les 14 stations pour chacune des variables CT et SF.

Ces différences significatives constatées sont liées à la nature de l'activité du littoral et aux différents types d'eau rejetées et charriées par le bassin versant de l'oued Saf saf vers le golfe.

Tableau 22. Résultats de l’analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 3 variables bactériologiques entre juin 2008 et mai 2011.

Variabes en UFC/100ml	Sources de variation	ddl	SCE	CM	F_{obs}	P
Coliformes totaux (CT)	Mois	35	1418079	118173	0,80	0,645 ns
Coliformes fécaux (CF)	Mois	35	51,495	4,291	2,17	0,015*
Streptocoques fécaux (SF)	Mois	35	531560	44297	1,11	0,356 ns

p > = 0,05 : (ns) différences non significative

p = 0,05 : (*) différences juste significatives

p = 0,01 : (**) différences hautement significatives

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

ddl : degrés de libertés

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur F de Fisher.

3. 2. 2. Résultats des analyses statistiques multivariées.

3. 2. 2. 1. Test d’analyse de la variance multivariée.

Le test d’analyse de la variance multivariée MANOVA a été appliqué, d’une part, à la matrice de données de dimensions $n \times p = 14 \times 3$, ou n représente les 14 stations et p les 3 variables bactériologiques et d’autre part, à la matrice de dimensions $n \times p = 36 \times 3$, ou n représente les 36 mois et p les 3 variables bactériologiques.

Les résultats obtenus pour chacune des 2 matrices de données sont représentées respectivement dans les tableaux 23 et 24.

Tableau 23. Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre station, des moyennes de chacune des 03 variables bactériologiques de juin 2008 au mai 2011 de l’ensemble des 36 mois.

Tests	Valeurs observé du test	Fobs	P
Wilk’s	0,62277	2,189	0,000***
Lawley-Hotelling	0,51826	2,188	0,000***
Pillai’s	0,43417	2,187	0,000***

Tableau 24. Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre mois, des moyennes de chacune des 03 variables bactériologiques de juin 2008 au mai 2011 de l'ensemble des 14 stations.

Tests	Valeurs observé du test	Fobs	P
Wilk's	0.75408	1,376	0,075 ns
Lawley-Hotelling	0,30101	1,385	0,071 ns
Pillai's	0,26525	1,366	0,080 ns

Pour chacune des 2 matrices de données les 3 tests Wilk's, Lawley-Hotelling et Pillai's n'aboutissent pas aux mêmes résultats. Ce constat montre que dans le cas des 3 caractéristiques bactériologiques les 3 tests concluent à l'existence de différences très hautement significatives entre les 14 stations $P < F$ (Tab. 23), et l'inexistence de différences significatives entre les 36 mois des paramètres bactériologiques étudiés $P > F$ (Tab. 24). Dans le cas des variations entre stations, les tests de la MANOVA confirment totalement les résultats du test des analyses de la variance univariées (ANOVA) obtenus précédemment, tandis que dans le cas des variations mensuelles, les tests de la MANOVA ne confirment pas les résultats du test des analyses de la variance univariées (ANOVA) obtenus précédemment pour la variable coliforme fécaux.

3. 2. 2. 2. Analyse en composantes principales (ACP).

L'ACP a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 3 variables bactériologiques centrées réduites prises deux à deux. Le logiciel Minitab donne les caractéristiques des 2 axes principaux, le premier possède une valeur propre > 1 soit à la contribution moyenne des différentes variables c'est-à-dire à la moyenne arithmétique de toutes les valeurs propres.

Les valeurs propres, les pourcentages de variation expliquée par chacun des 2 axes retenus, ainsi que les pourcentages cumulés sont représentés dans le tableau 25. Les 2 axes ou indices synthétiques résument au mieux l'information apportée par les 03 variables bactériologiques initiales. Le 1^{er} axe explique à lui seul 55,2% de la variation totale des variables initiales alors que le second explique 89,4%.

Tableau 25. Valeurs propres et pourcentages de variation totale expliqués par les trois premiers axes principaux et pourcentages cumulés.

Paramètres	Axe 1	Axe 2
Valeur propre	1,657	1,025
Pourcentage expliqué en %	0,552	0,342
Pourcentage cumulé en %	0,552	0,894

Le logiciel Minitab nous a permis de tracer la figure 27 qui représente le graphique des valeurs propres en fonction du rang de toutes les composantes principales qui présente une allure décroissante montrant l'existence d'un seul coude, c'est-à-dire une réduction de la pente du graphique permettant ainsi de négliger toutes les composantes correspondant aux valeurs propres situées après ce coude.

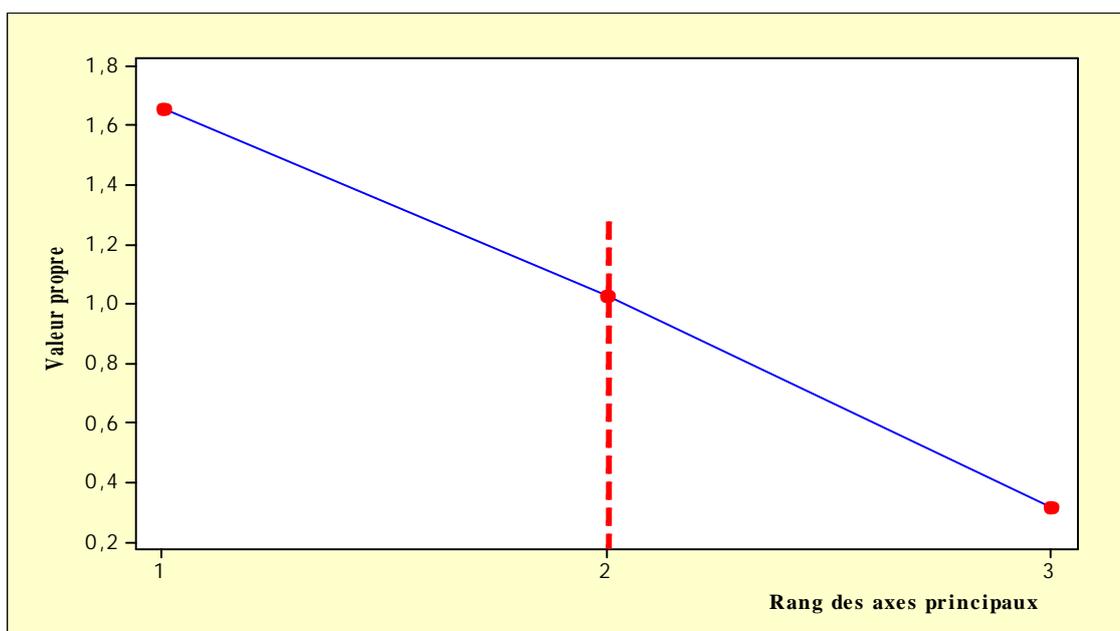


Figure 27. Représentation graphique de la relation les valeurs propres en fonction du rang des composantes principales.

Sur la base de leur position dans le premier plan factoriel 1-2, on distingue 7 groupes de stations (Fig. 28):

Le 1^{er} groupe est la St. 1, représenté par la plage de château vert, de la commune de Skikda chef-lieu,

Le 2^{ème} est la St. 7, représenté la plage de Molo de la cité de Stora,

Le 3^{ème} est la St. 12, représenté par la plage Poste 3 de la Cité de de Larbi Ben M’hidi,
 Le 4^{ème} est la St. 13, représenté par la plage Poste 4 de la Cité de de Larbi Ben M’hidi,
 Le 5^{ème} est la St. 14, représenté par la plage Poste 5 de la Cité de de Larbi Ben M’hidi,
 Le 6^{ème} est les stations 10 et 11, représenté par les plages Postes 1 et 2 de la Cité de de Larbi Ben M’hidi,

Le 7^{ème} rassemble les stations 2, 3, 4, 5, 6, 8 et 9, représenté respectivement par les plages Casino, Market, Militaire 1 et Militaire 2 de la commune de Skikda chef- lieu, et Paradis et Miramar de la cité de Stora et en face du camp d’étoile de la Cité de de Larbi Ben M’hidi.

On constate que les 6 premiers groupes se différencient l’un de l’autre par leurs caractéristiques bactériologiques en vue de leurs disposition géographique, tandis que le 7^{ème} groupe qui rassemble un lot de station qui se rapproche entre eux par leurs caractéristiques bactériologiques.

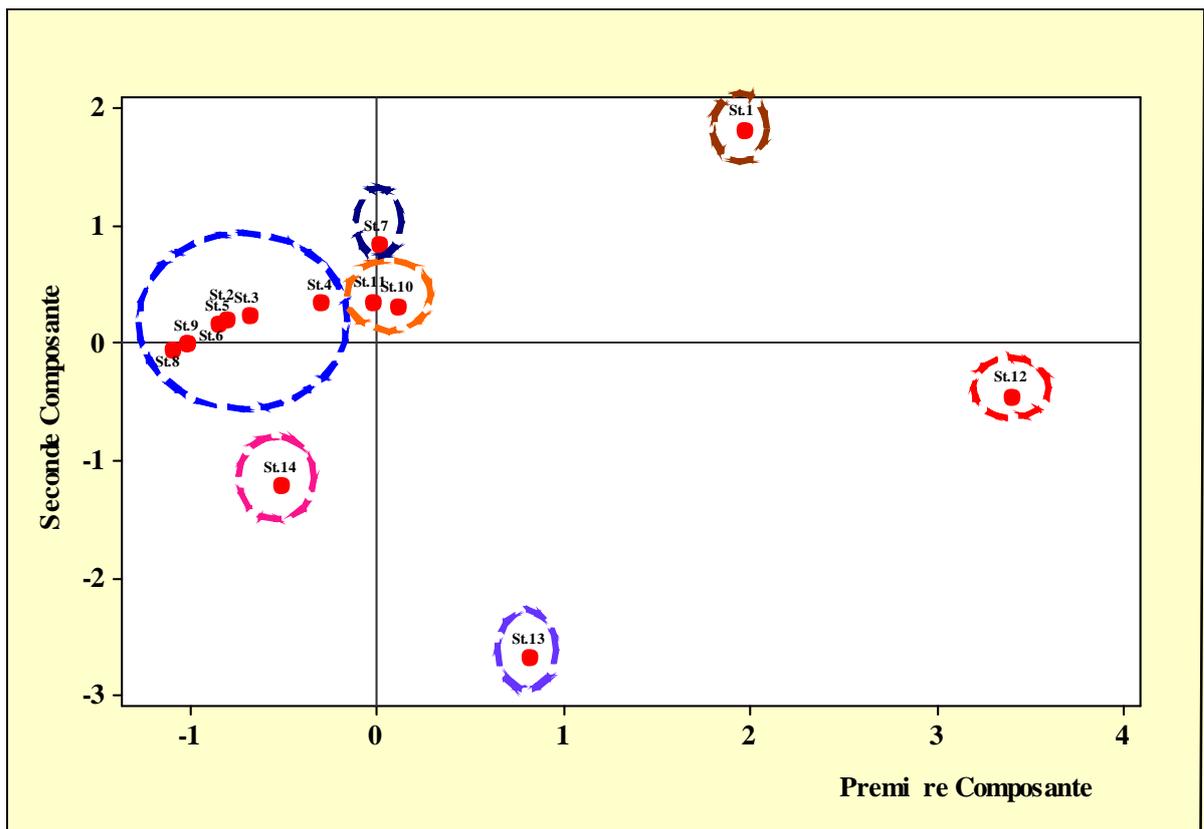


Figure 28. Représentation graphique des points individus (St.) dans le plan factoriel 1-2

3. 2. 2. 3. Analyse hiérarchique.

L'utilisation des méthodes de classification numérique, en complément à l'analyse de la variance, est peu courante (Dagnélie, 2006). La bibliographie qui concerne cette approche est d'ailleurs relativement limitée nous pouvons citer les travaux de Cox et Cowpertwait (1992) et ceux d'El Kherrak (1993) ou encore de Bautista *et al.* (1997) et Di Rienzo *et al.* en 2002.

Ces méthodes de regroupement des moyennes sont très nombreuses et très diversifiées. En matière de classification de moyennes, Dagnélie (2006) montre que les résultats obtenus sont dans l'ensemble peu dépendants des méthodes utilisées.

Le regroupement des 14 stations d'échantillonnage en fonction de la qualité bactériologiques des eaux analysées, au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carrée de Pearson et pour un niveau de similarité minimale de 92,69%, permet de distinguer 10 groupes homogènes distincts qui sont réunis dans la figure 29.

Le 1^{er} groupe composé par la plage de château vert, de la commune de Skikda chef-lieu, préservé de la pollution durant toute la période d'étude aucun égout ou rejets, néanmoins, elle est mitoyenne à la jetée qui est une des stations les plus polluées. Ce résultat montre pourquoi cette plage est prisée par les familles en plus de sa localisation peu éloignée de la ville.

Le 2^{ème} est composé des plages poste 1 et poste 2, de la Cité de de Larbi Ben M'hidi, peu polluée par l'industrie malgré la présence des rejets du complexe Sonatrach, en plus de quelques habitations périphériques.

Le 3^{ème} est représenté par la plage Molo, de la cité de Stora, lointaine de toute pollution urbaine ou industrielle.

Le 4^{ème} est représenté par l'ensemble des plages Casino, Militaire 1, Militaire 2, Markette, de la commune de Skikda chef-lieu polluée par quelque déversement urbain tels ceux de la plage jetée interdite à la baignade et en plus de Markette et la plage Paradis, Miramar de la cité de Stora moins fréquente de toute pollution urbaine et la plage en face camp d'étoile d'une pollution industrielle fréquente dû aux rejets du complexe Sonatrach, en plus des habitations et des diversement du camp d'étoile saisonnier surtout en période estivale, à proximité de ce site.

Le 5^{ème} est représenté par la plage du poste 5 de la Cité de de Larbi Ben M’hidi moins fréquent de toute pollution

Le 6^{ème} est représenté par la plage du poste 4 de la Cité de de Larbi Ben M’hidi moins fréquent de toute pollution malgré de la présence d’un oued moins polluant.

Enfin, Le 7^{ème} est représenté par la plage de la Cité de de Larbi Ben M’hidi du poste 3 moins fréquent de toute pollution.

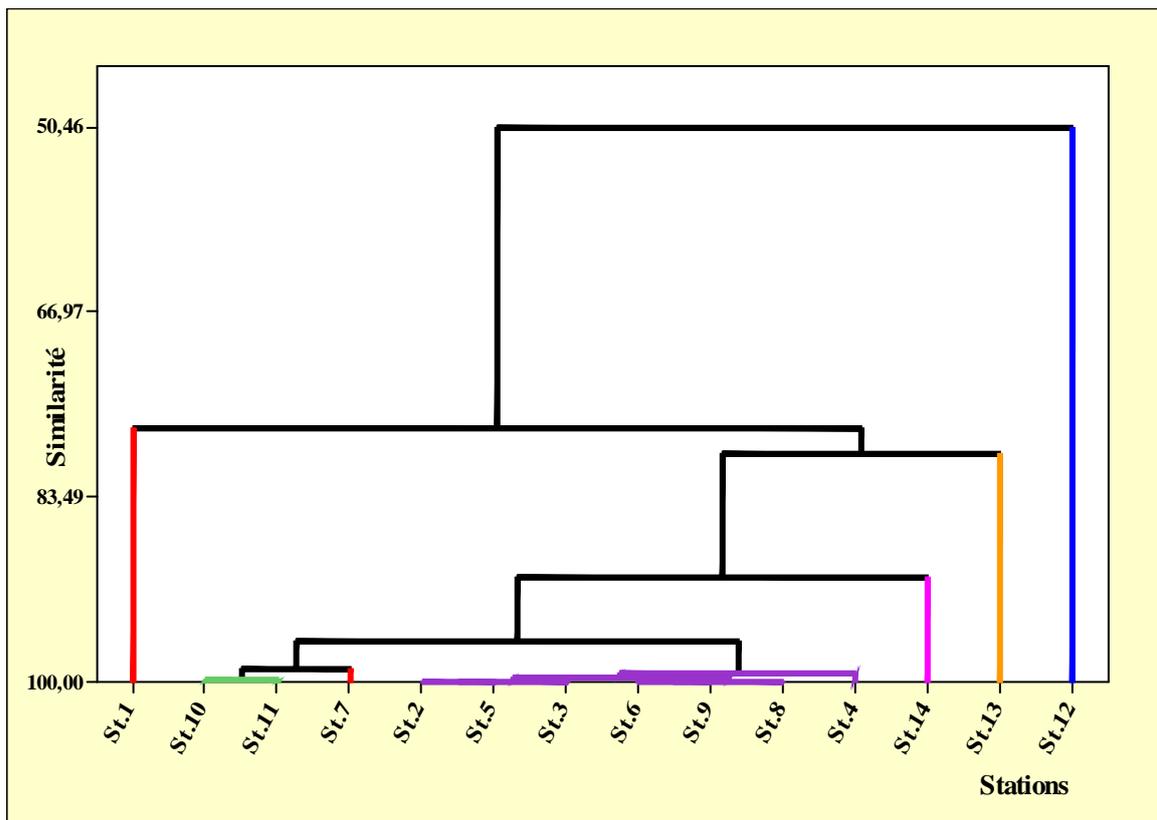


Figure 29. Dendrogramme du regroupement des 14 stations échantillonnées, obtenu à l’aide du lien simple et la distance carrée de Pearson

A ce niveau de similarité de 99,99 % les résultats de l’analyse hiérarchique confirment ceux obtenus par l’analyse en composantes principales.

On note ici, que les méthodes de classification numérique éliminent complètement les chevauchements et les incohérences qui caractérisent l’ensemble des méthodes de comparaisons multiples de moyennes.

Par ailleurs, le regroupement des variables au moyen du lien simple et de la distance basée sur le coefficient de corrélation, donne deux groupes homogènes, pour un taux de similarité de 78,17% (Fig. 30). Le premier groupe est relatif aux rapprochements

des variables des coliformes totaux et les streptocoques fécaux. Le second groupe comprend la variable des coliformes fécaux.

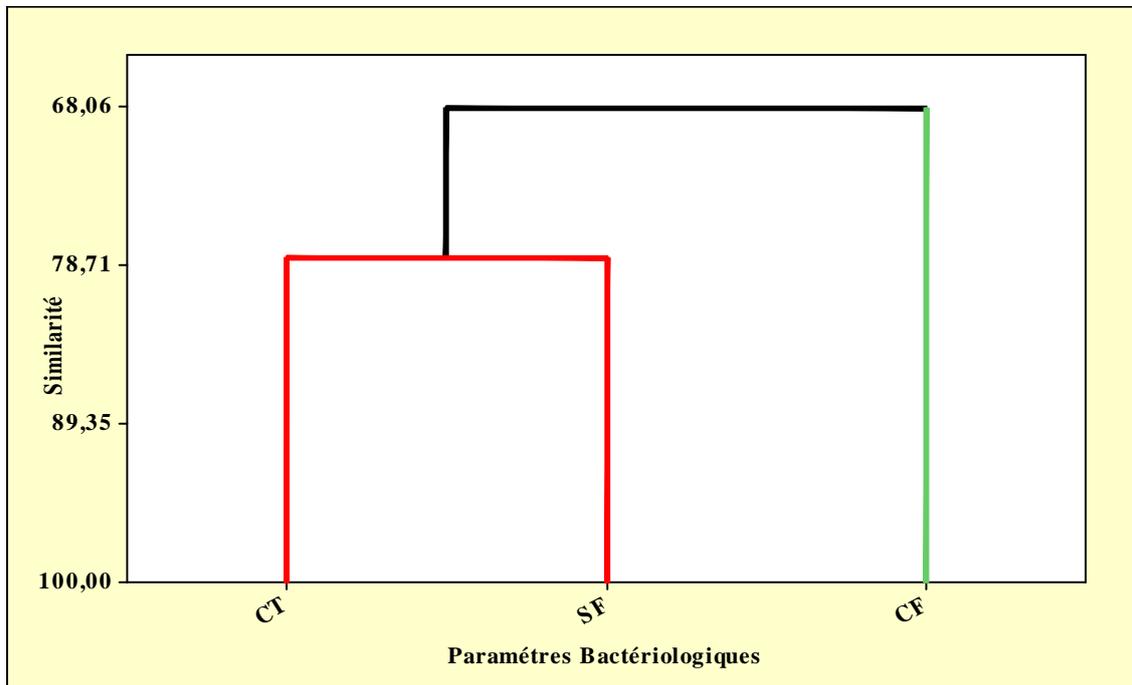


Figure 30. Dendrogramme du regroupement des 03 variables bactériologiques, obtenu à l'aide du lien simple et de la distance du coefficient de corrélation.

On note ici, que cette méthode illustre bien et met en valeur les relations entre les variables étudiées grâce au coefficient de corrélation.

Ainsi donc, l'analyse hiérarchique a permis de distinguer le même nombre de groupes avec les mêmes variables que l'analyse en composantes principales.

3. 2. 3. Indice de Bourgeois. Rapport CF/SF

Nous constatons que le rapport quantitatif des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux $R = CF/SF$ au niveau des eaux de baignades du littoral du golfe de Skikda reste toujours $< 0,7$; ceci indique une source principalement ou entièrement d'origine animale de cette pollution. Ces résultats sont conformes avec l'environnement de ces points, les différentes stations sont influencées par le bassin versant du Saf saf qui occupent la partie centrale de la wilaya de Skikda, dont la qualité de ses eaux est dégradée tout le long de l'oued, à cause des rejets domestiques des agglomérations d'El Harrouch, Salah Bouchaour, Ramdane Djamel, Beni Bachir et une partie des rejets de la ville de Skikda par le biais de l'oued Zeramna, qui déverse dans le Saf saf (Khelfaoui et Zouini,

2010); mais aussi par les rejets industriels de la zone industrielle de Skikda (Mezedjri, 2007).

Tableau 26. Détermination de l'origine de la contamination fécale à partir du rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux (CF/SF).

Stations	R = CF/SF	Nature de la contamination
St. 1	0	R est toujours < 0,7
St. 2	0	
St. 3	0	
St. 4	0	
St. 5	0	
St. 6	0	
St. 7	0	
St. 8	0	
St. 9	0	
St. 10	0,0417	
St. 11	0,0326	
St. 12	0,0030	
St. 13	0,0425	
St. 14	0,3448	

Le rapport R nous indique une pollution d'origine animale malgré l'absence de pâturage et de bovins à proximité. Cette origine animale peut être attribuée à l'utilisation des matières fécales des animaux comme engrais en amont du bassin versant (Tab. 26).

3. 3. Résultats de l'analyse générale des données.

3. 3. 1. Résultats des analyses statistiques univariées.

3. 3. 1. 1. Analyse de la variance univariée ANOVA.

Il s'agit de comparer, entre les 14 stations, l'égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée physico-chimiques et bactériologiques, pour la période d'étude. L'examen des résultats (Tab. 27) montre l'existence de différences juste significatives pour la variable CF, hautement significatives pour les variables CT et SF et très hautement significatives pour les variables température, conductivité électrique et O₂ dissous

$P < F$, et l'absence de différences significatives entre les 14 stations pour chacune des variables la salinité et le pH $P > F$.

Tableau 27. Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre stations, des moyennes de chacune des 8 variables entre juin 2008 et mai 2011.

Variables en UFC/100ml	Sources de variation	ddl	Fobs	P
Température	Station	13	31,26	0,000***
Salinité	Station	13	1,10	0,366 ns
pH	Station	13	1,22	0,271 ns
Conductivité électrique	Station	13	35,68	0,000***
O ₂ dissous	Station	13	36,03	0,000***
Coliformes totaux (CT)	Station	13	2,67	0,002**
Coliformes fécaux (CF)	Station	13	2,09	0,017*
Streptocoques fécaux (SF)	Station	13	2,42	0,005**

$p > = 0,05$: (ns) différences non significative

$p = 0,05$: (*) différences juste significatives

$p = 0,01$: (**) différences hautement significatives

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

ddl : degrés de libertés

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur F de Fisher

D'autre part, les résultats du test d'analyse de la variance univariée modèle fixe obtenus pour chacune des 8 variables mesurées entre mois, pour la période d'étudesont représentés dans le tableau 28, le but est de comparer, entre les 14 stations, l'égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée.

L'interprétation des résultats du l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 08 variables durant juin 2008 et mai 2011 (Tab. 28) montre l'existence de différences très hautement significatives entre les 36 mois pour l'ensemble des variables température, salinité, pH, conductivité électrique et l'O₂ dissous, et hautement significatives pour les CF

$P < F$, et l'absence de différences significatives entre les 36 mois pour chacune des variables CT et SF $P > F$.

Tableau 28. Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification modèle fixe de la comparaison, entre mois, des moyennes de chacune des 8 variables entre juin 2008 et mai 2011.

Variables en UFC/100ml	Sources de variation	ddl	Fobs	P
Température	Mois	35	682,23	0,000***
Salinité	Mois	35	69,96	0,000***
pH	Mois	35	16,82	0,000***
Conductivité électrique	Mois	35	79,42	0,000***
O ₂ dissous	Mois	35	1003,10	0,000***
Coliformes totaux (CT)	Mois	35	0,91	0,540 ns
Coliformes fécaux (CF)	Mois	35	2,35	0,008**
Streptocoques fécaux (SF)	Mois	35	1,23	0,267 ns

$p > 0,05$: (ns) différences non significative

$p = 0,05$: (*) différences juste significatives

$p = 0,01$: (**) différences hautement significatives

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

ddl : degrés de libertés

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur F de Fisher

Les différences significatives constatées sont liées à la nature de l'activité du littoral, aux différents types d'eau rejetées et charriées par le bassin versant du Saf saf sur le golfe et aux caractéristiques propres à chaque milieu (eau marine) comme le signal Bliefert et Perraud en 2001.

3. 3. 2. Résultats des analyses statistiques multivariées.

3. 3. 2. 1. Test d'analyse de la variance multivariée.

Le test d'analyse de la variance multivariée MANOVA a été appliqué, d'une part, à la matrice de données de dimensions $n \times p = 14 \times 8$, ou n représente les 14 stations et p les 8 variables, d'autre part, à la matrice de dimensions $n \times p = 36 \times 8$, ou n représente les 36 mois et p les 8 variables.

Les résultats obtenus pour chacune des 2 matrices de données sont reportés dans les tableaux 29 et 30.

Tableau 29. Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre station, des moyennes de chacune des 8 variables de juin 2008 au mai 2011 de l'ensemble des 36 mois.

Tests	Valeurs observé du test	Fobs	P
Wilk's	0,00980	9,548	0,000***
Lawley-Hotelling	14,33870	20,302	0,000***
Pillai's	2,36692	5,042	0,000***

Tableau 30. Résultats des tests de la MANOVA appliquées entre Mois, des moyennes de chacune des 8 variables de juin 2008 au mai 2011 de l'ensemble des 14 stations.

Tests	Valeurs observé du test	Fobs	P
Wilk's	0,00001	49,762	0,000***
Lawley-Hotelling	221,59955	339,901	0,000***
Pillai's	3,65229	10,921	0,000***

Pour chacune des deux matrices de données les trois tests Wilk's, Lawley-Hotelling et Pillai's aboutissent aux mêmes résultats. C'est-à-dire que dans le cas des 8 caractéristiques mesurées les 3 tests concluent à l'existence de différences très hautement significatives entre les 14 stations et les 36 mois $P < F$ (Tabs. 29 et 30).

3. 3. 2. 2. Analyse en composantes principales (ACP).

L'ACP a été appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 8 variables centrées réduites prises 2 à 2. Le logiciel Minitab donne les caractéristiques des 08 axes principaux, dont les 4 premiers possèdent chacun une valeur propre supérieure à l'unité soit à la contribution moyenne des différentes variables c'est-à-dire à la moyenne arithmétique de toutes les valeurs propres.

Le tableau 31, représentent les valeurs propres, les pourcentages de variation expliquée par chacun des 4 axes retenus, ainsi que les pourcentages cumulés. Le premier axe explique à lui seul 35,7% de la variation totale des variables initiales, les 2 premiers axes expliquent 59,3%, les 3 premiers axes expliquent 78,3% et les 4 premiers axes

justifient 88,7%. Donc ces 4 axes ou indices synthétiques résument l’information apportée par les 8 variables initiales.

Tableau 31. Valeurs propres et pourcentages de variation totale expliqués par les 4 premiers axes principaux et pourcentages cumulés.

Paramètres	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
Valeur propre	2,8574	1,8831	1,5195	0,8371
Pourcentage expliqué en %	35,7	23,5	19,0	10,5
Pourcentage cumulé en %	35,7	59,3	78,3	88,7

Le logiciel Minitab fournit, également le graphique des valeurs propres en fonction du rang de toutes les composantes principales (Fig. 17). Ce graphique présente bien l’allure montrant l’existence d’un coude, c’est-à-dire une réduction de la pente du graphique permettant ainsi de négliger toutes les composantes correspondant aux valeurs propres situées après ce coude.

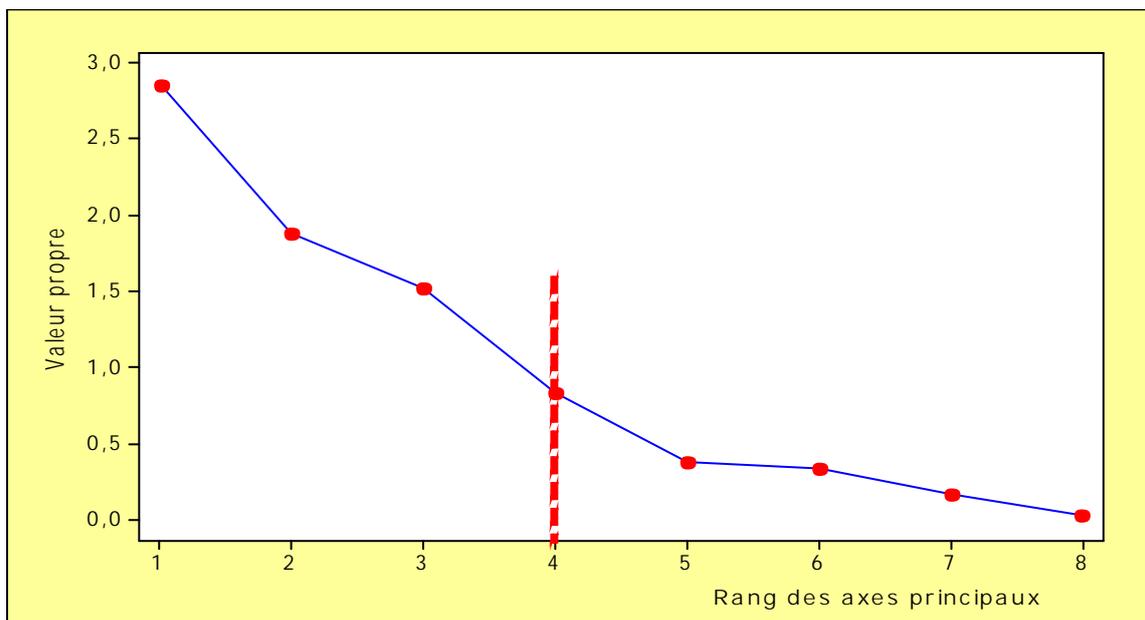


Figure 31. Représentation graphique des valeurs propres en fonction du rang des composantes principales.

Sur la base de leur position dans le premier plan factoriel 1-2, on distingue 07 groupes de stations (Fig.18) :

- ✓ Le 1^{er} groupe rassemble les St.1, St.2, St.4, St.5, représenté respectivement par les plages de château vert, casino, Militaire 1 et militaire 2 de la SZE 1, et les St.6 et St.7, représenté par les plages paradis et Molo de la SZE 2,
- ✓ Le 2^{ème} groupe est la St. 3, représenté par la plage Markette de la SZE 1 et la St. 8 représenté par la station Miramar de la SZE 2,
- ✓ Le 3^{ème} groupe est la St. 11, représenté par la plage du poste 2, de la SZE 3,
- ✓ Le 4^{ème} groupe est la St. 9, représenté par la plage en face de camp d'étoile de la SZE3,
- ✓ Le 5^{ème} groupe est la St. 13 et 14 représenté respectivement par les plages du poste 4 et du poste 5 de la SZE 3,
- ✓ Le 6^{ème} groupe est la St. 10 représenté par la plage du poste 1 de la SZE 3,
- ✓ Le 7^{ème} groupe est la St. 12 représenté par la plage du poste 3 de la SZE 3.

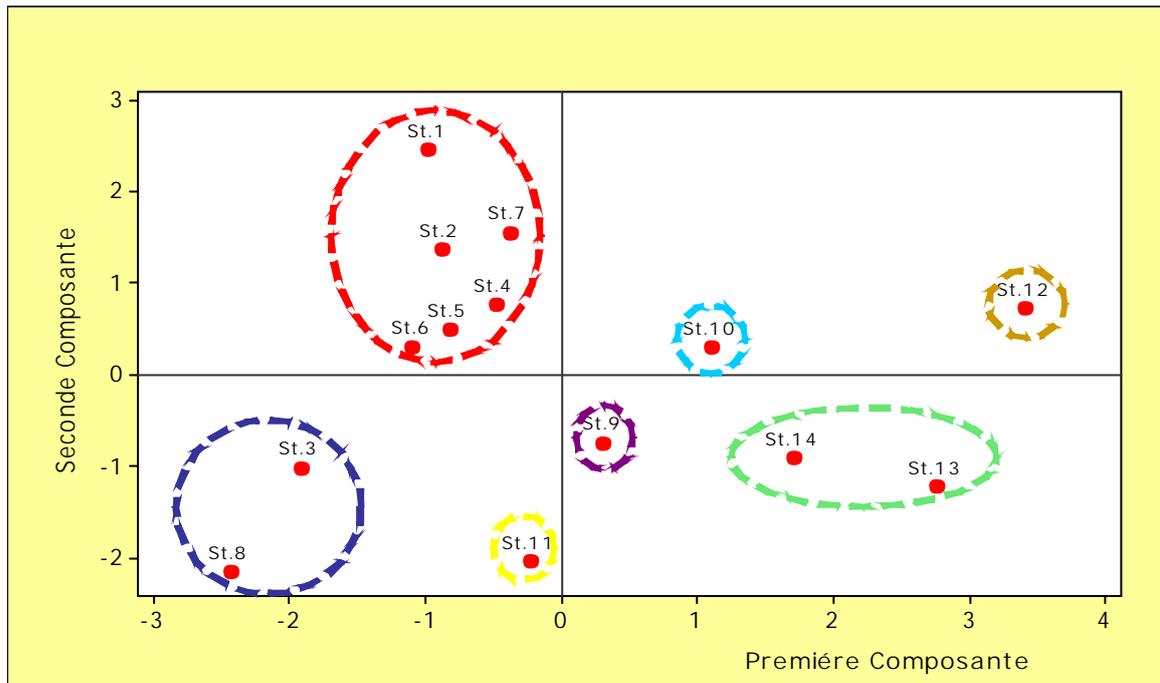


Figure 32. Représentation graphique des points individus (St.) dans le plan factoriel 1-2.

Sur la base de leur position dans le premier plan factoriel 1-2, on distingue aussi 07 groupes de variables qui sont les suivantes (Fig. 19):

- ✓ Le 1^{er} groupe est regroupe les variables température et coliformes fécaux,
- ✓ Le 2^{ème} groupe constitué par la variable conductivité électrique,
- ✓ Le 3^{ème} groupe représenté par la variable salinité,

- ✓ Le 4^{ème} groupe composé par la variable O₂ dissous,
- ✓ Le 5^{ème} groupe constitué par la variable des coliformes totaux,
- ✓ Le 6^{ème} groupe composé par la variable pH,
- ✓ Le 7^{ème} groupe constitué par la variable des streptocoques fécaux.

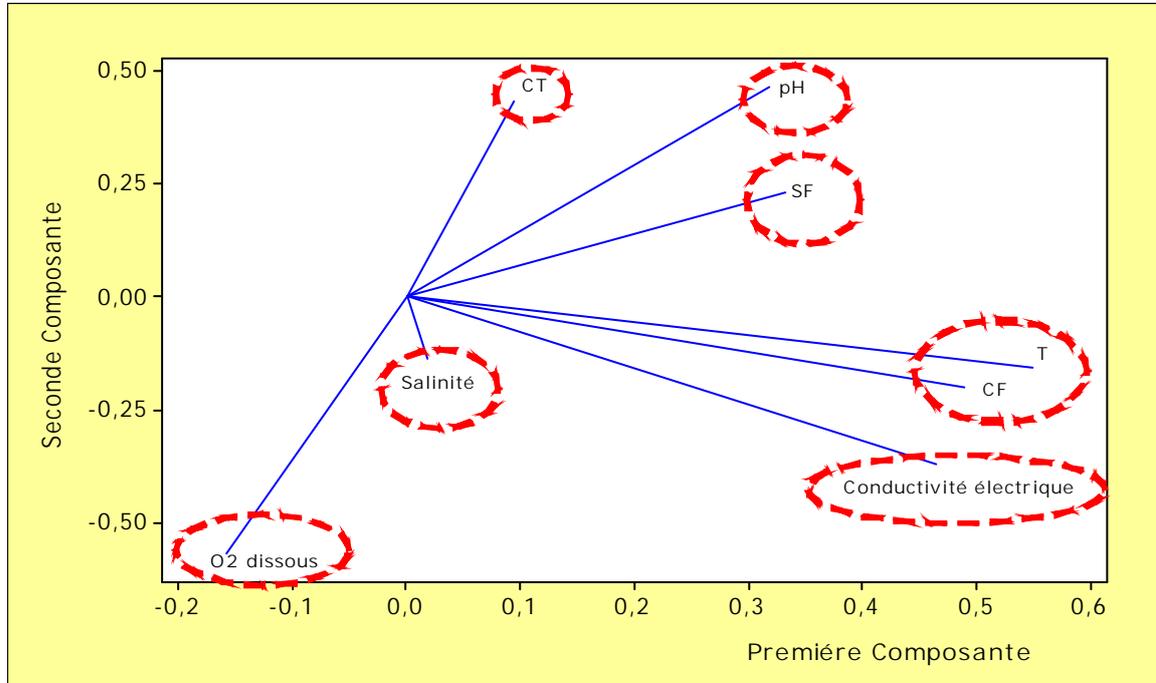


Figure 33. Représentation graphique des paramètres physico-chimiques et bactériologiques étudiés dans le plan factoriel 1-2.

3. 3. 2. 3. Analyse hiérarchique.

Le regroupement des 14 stations d'échantillonnage en fonction de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux analysées, au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carrée de Pearson et pour un niveau de similarité minimale de 96,79%, permet de distinguer 06 groupes homogènes distincts (Fig. 20) :

Le 1^{er} groupe composé par la plage de château vert, de la commune de Skikda chef-lieu, toujours été préservé de la pollution. Ne recevant aucun égout ou de rejets minimes, néanmoins, elle est mitoyenne à la jetée, la polluée. Très prisée par les familles car elle est peu éloignée de la ville.

Le 2^{ème} groupe composé par les plages poste 1 et poste 5 et en face du camp d'étoile de la SZE 3 et les plages casino, militaire 1 et militaire 2 de la SZE 1 et les plages paradis et Molo de la SZE 2, toujours été préservé de la pollution.

Le 3^{ème} groupe représenté par la plage du poste 4 de la SZE3, qui est caractérisée par une pollution occasionnelle par un rejet urbain.

Le 4^{ème} groupe représenté par la plage Markette de la SZE 1 et la plage Miramar de la SZE 2, lointaine de toute pollution urbaine ou industrielle.

Le 5^{ème} groupe est la station 11 représenté par la plage du poste 2 de la SZE 3, peu fréquente par la pollution industrielle dû aux rejets du complexe Sonatrach, en plus de quelques habitations à proximité de ce site.

Enfin, Le 6^{ème} groupe est la station 12 représenté par la plage du poste 3 de la SZE3, peu fréquente par la pollution urbaine dû aux rejets des habitations à proximité (Fig. 20).

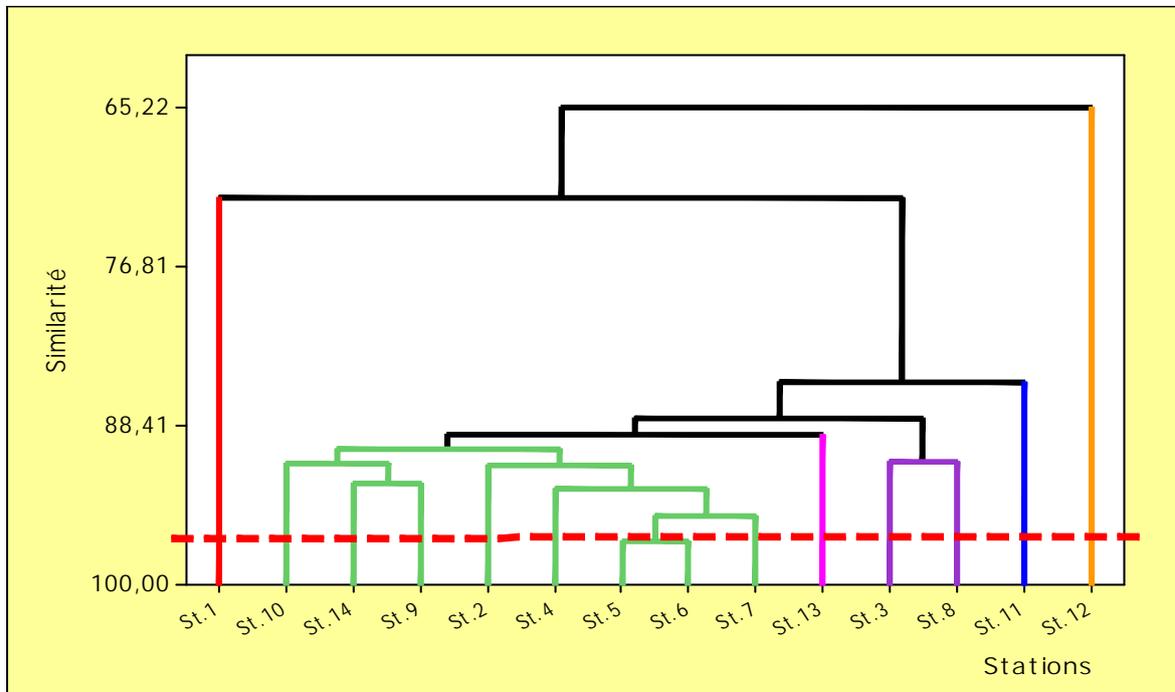


Figure 34. Dendrogramme du regroupement des 14 stations échantillonnées, obtenu à l'aide du lien simple et la distance carrée de Pearson.

A ce niveau de similarité de 96,79% les résultats de l'analyse hiérarchique confirment ceux obtenus par l'ACP.

On note ici, que les méthodes de classification numérique éliminent complètement les chevauchements et les incohérences qui caractérisent l'ensemble des méthodes de comparaisons multiples de moyennes.

Discussion

4. Discussion.

Nous avons évalué entre juin 2008 et mai 2011, la qualité physico-chimique à travers les mesures des températures, salinités, pH, conductivités électriques, O₂ dissous et la composition bactériologique en quantifiant les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux dans les eaux superficielles des principales plages de baignades du littoral de la ville de Skikda.

La qualité des eaux littorales Algériennes est probablement un des concepts les plus ardues à définir, car l'idée même qu'on s'en fait est pour le moins subjective. Toutefois, les aspects de salubrité de l'eau de mer ont pris une importance croissante, traduite en Algérie par une législation réglementant les conditions sanitaires des eaux à caractère récréatif (Ministère de l'Intérieur, 1993. Décret exécutif N° 93-164 du 14 juillet relatif aux études d'impact sur l'environnement. Direction de l'environnement. *In*: JORA 1993, n°93, 164 p.).

Concernant la plage Château Vert (St. 1), les variations des températures sont comprises entre 13 et 21.9 °C avec une moyenne de 17.82 °C, cette valeur est légèrement inférieure à celle mesurée par Chaouch en 2007 qui est de 19.21 °C. Dans les 2 cas ces moyennes ne dépassent pas la limite maximale Algérienne recommandée dans le JORA, 2006 qui est de 25 °C. En revanche si l'on compare notre moyenne à celle retrouvée par Gueddah en 2003 on se rend compte qu'il existe une différence de 7 °C. En effet, l'auteur la situe à 27.09 °C dépassant de 2 °C la norme Algérienne. Ce résultat serait dû à des températures atmosphériques très élevées l'année 2003.

Pour ce qui est de la moyenne des salinités enregistrées dans les eaux superficielles durant les 3 années d'étude, elle est = 35.5 fluctuant entre 33,2 et 37,4. Cette concentration est moins élevée que celle rencontrée par Gueddah en 2003 qui mesure 40.2 alors qu'elle est comparable à celle signalée par Chaouch en 2007 avec 36,7. On peut dire que les fluctuations de la salinité des eaux, sont en relation avec les conditions climatiques, cependant, entre 2008 et 2011 la salinité de l'eau de mer est > 35 g/l (valeur limite Algérienne) dans l'ensemble des eaux étudiées. Toutefois dans tous les cas, elle est > 35.54 et < 36,15 g/l.

Les variations du pH sont comprises entre 7,77 et 7,98 avec une moyenne de 7,93. Toutes les valeurs enregistrées restent < à la limite maximale, ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 8 et celle proposée par Gueddah en 2003 et qui est de 8,15.

Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux on a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 51,10 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une valeur maximale de 52,80 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et minimale de 48,40 $\mu\text{s} / \text{cm}$ alors que pour le taux de saturation en O_2 dissous est compris entre 105,25 % et 60,30 % avec une moyenne de 93,21 % très élevée par rapport à celle proposée par Gueddah en 2003 et qui est de 50,06 %. Cependant Chaouch en 2007 mesure une conductivité moyenne de 50,63. Nos résultats restent conformes aux valeurs limites Algériennes recommandée entre 80 et 120 %.

La qualité et la quantité des germes définissent une eau, précisent et limitent son aptitude aux diverses applications. Globalement, la qualité de l'eau de mer doit obéir aux normes définies par les réglementations. La norme Algérienne découle du décret n°93-164 du 10 juillet 1993, elle indique les critères de qualité des eaux de baignade.

Dans les eaux de la **plage Château Vert (St. 1)**, nous avons quantifié des concentrations de CT = 581,77 UFC / 100 ml cette contamination est > à la valeur guide (VG) de 500 UFC/100 ml, sans dépasser la valeur limite (VL) de 10000 UFC / 100 ml. Les CF sont absents alors que pour les SF les concentrations moyennes enregistrées de 110,08 UFC / 100 ml dépassent la VL qui est de 100 UFC / 100 ml (JORA, 1993).

Concernant la plage Casino (St. 2), les variations de température montrent une valeur moyenne de d'ordre de 17,96 °C avec une valeur minimale de 13,10 °C et un maximum de 22,10 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25°C (JORA, 2006) mais reste moins élevée que celle signalée par Gueddah en 2003 qui est de 27,09 °C et similaire à celle trouvée par Chaouch en 2007 (19,21 °C). Pour ce qui est de la moyenne de la salinité on a enregistré 35,54 avec une concentration maximale de 37,50 et une minimale de 33,30, ces chiffres sont moins élevés que à ceux trouvés par Gueddah en 2003 et identiques à ceux de Chaouch (2007). Les variations du pH sont comprises entre les limites inférieure de 7,51 et supérieure de 8,40, ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée (JORA, 1993). Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux on a mesuré une moyenne de 52,40 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec des valeurs comprises entre 54,90 et 49 $\mu\text{s} / \text{cm}$. Pour ce qui est du taux de saturation en O_2 dissous on a enregistré un maximum de 100 % et un minimum de 61,40 % avec une moyenne de 97,68 % ce taux est très élevé par rapport à celui trouvé par Gueddah en 2003 qui était de 50,06 % ou encore de Chaouch en 2007 avec 50,63%.

En ce qui concerne les CT la concentration moyenne de 86,08 UFC / 100 ml est aussi bien inférieure à la valeur guide qu'à la VL. On enregistre une absence totale des germes fécaux CF et SF.

Pour ce qui est de la plage Markette (St. 3), la température moyenne est de l'ordre de 17,55 °C avec un minimum de 13,20 °C et maximum de 22,10 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006) en restant plus faible que celle trouvée par Gueddah (2003) (27,09°C) mais comparable à celle trouvée par Chaouch en 2007 qui est de 19,21 °C. Pour ce qui est de la moyenne de la salinité enregistrée est de 35,94 variant entre 39,10 et 33,40, similaire à celle trouvée par Gueddah en 2003 (40,23) cette moyenne est > à celle trouvée par Chaouch en 2007 qui trouve 36,77. Le pH moyen est de 7,87 les valeurs enregistrées sont comprises entre 7,37 et 8,49, ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 8 et de 8,15, pH proposé par Gueddah en 2003. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux on a mesuré une minéralisation moyenne de 52,61 $\mu\text{s} / \text{cm}$ fluctuant entre 55 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et 49,40 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et le taux de saturation en O₂ dissous variant entre 110,55 % et 61,40% avec une moyenne de 97,68 % alors qu'en 2003 Gueddah trouve 50,06 % et Chaouch en 2007 mesure 50,63.

En ce qui concerne les analyses bactériologiques des eaux superficielles de **la plage de Markette** la densité moyenne des CT est de 95,08 UFC / 100 ml, elle est < à la VG, sans dépasser la VL alors que nous notons une absence des CF et de très faibles concentrations des SF dans tous les cas.

Concernant la plage Militaire 1 (St. 4), les variations de la température sont en moyenne de 18,08 °C, comprise entre 13 et 22,30 °C, ces moyennes ne dépassent pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste < à 27,09 °C trouvée par Gueddah (2003) et > à celle enregistrée par Chaouch (2007) de 19,21 °C. La moyenne de la salinité est de 35,83 variant entre 38,60 et 33,20 elle est inférieure à celle trouvée par Gueddah en 2003 (40,23) et similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) qui propose 36,77. Le pH moyen est de 7,94 cependant, toutes les valeurs enregistrées sont comprises entre 7,52 et 8,35, ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8, ni la valeur de 8,15 mesurée par Gueddah en 2003. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux on a mesuré une moyenne de 53,14 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec un

maximum de 54,80 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimum de 51 $\mu\text{s} / \text{cm}$ alors que le taux de saturation en O_2 dissous varie entre 102,75 et 61% avec une moyenne de 91,50 % qui est très élevée par rapport à celle trouvée par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Pour les analyses bactériologiques de **la plage Militaire 1**, les concentrations en CT sont d'une moyenne de 130,85 UFC / 100 ml qui restent < VG sans dépasser la VL avec une absence des CF et de très faibles concentrations (39,08 UFC / 100 ml) de SF.

Concernant la plage Militaire 2 (St. 5), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température de 18,18 °C avec une valeur minimale de 13 °C et maximale de 22,40 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et supérieures à celle trouvée par Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est de la moyenne de la salinité enregistrée est de 36,15 avec une concentration maximale d'ordre de 39,30 et une valeur minimale de 33,30 qui reste inférieure à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23, et reste similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) à 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec une moyenne de 7,95 cependant, toutes les valeurs enregistrées sont comprises entre la limite inférieure de 7,47 et supérieure de 8,40, ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 8 et dépassant légèrement la valeur de 8,15 à celle de Gueddah en 2003. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 52,20 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 54,70 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 48,60 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O_2 dissous où enregistre un maximum de 102,75 % et un minimum de 62,10 % avec une valeur moyenne de 91,40 % qui est très élevée par rapport à celle trouvée par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Pour les analyses bactériologiques de **la plage Militaire 2**, les valeurs des concentrations en CT sont en moyenne de 70,46 UFC / 100 ml qui restent inférieurs à la VG, sans dépasser la VL. Et une absence totale des CF ne dépassant n'est la VG ni la VL. Pour les SF les concentrations de 1,54 UFC / 100 ml reste très faible à la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage Paradis (St. 6), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température de 17,88 °C avec une valeur minimale de 13,50 °C et

maximale de 21,90 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est de la moyenne de la salinité enregistrée est de 36,03 avec une concentration maximale d'ordre de 37,70 et une valeur minimale de 33,20 qui reste inférieur à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23, et reste presque similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) à 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,50 et supérieure de 8,42, avec une moyenne de 7,97 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 52,18 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 54,90 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 48,40 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O₂ dissous où enregistre un maximum de 105,25 % et un minimum de 60,30 % avec une valeur moyenne de 93,55 % qui est très élevée par rapport à celle trouvé par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Les analyses bactériologiques dans **la plage Paradis**, les valeurs des concentrations en CT de 24,85 UFC / 100 ml restent inférieurs à la VG, sans dépasser la VL. Et une absence totale des CF ne dépassant n'est la VG ni la VL. Pour les SF les concentrations d'ordre de 1,38 UFC / 100 ml restent amplement faible à la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage Molo (St. 7), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température de 18,11 °C avec une valeur minimale de 13,20 °C et maximale de 22,10 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et reste comparable celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est de la moyenne de la salinité enregistrée est de 36,10 avec une concentration maximale d'ordre de 38,80 et une valeur minimale de 33,30 qui reste inférieur à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23, et reste approximativement similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,51 et supérieure de 8,50, avec une moyenne de 7,98 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour

ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 52,51 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 55 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 49 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O_2 dissous où enregistre un maximum de 100,65 % et un minimum de 61,30 % avec une valeur moyenne de 90,10 % qui est très élevée par rapport à celle trouvée par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Pour les analyses bactériologiques de **la plage de Molo**, les valeurs des concentrations moyenne en CT de 277 UFC / 100 ml sont inférieures à la VG, sans dépasser la VL. Et une absence totale des CF ne dépassant n'est la VG ni la VL. Pour les SF les concentrations restent faibles d'ordre de 13,15 UFC / 100 ml à la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage Miramar (St. 8), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température d'ordre de 17,57 °C avec une valeur minimale de 13 °C et maximale de 21,20 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et reste inférieure à celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est de la moyenne de la salinité enregistrée est de 35,80 avec une concentration maximale d'ordre de 37,40 et une valeur minimale de 33,40 qui reste inférieure à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23, et reste approximativement similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,47 et supérieure de 8,20 avec une moyenne de 7,77 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 53,04 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 55,80 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 49,40 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O_2 dissous où enregistre un maximum de 110,55 % et un minimum de 61,40 % avec une valeur moyenne de 97,95 % qui est très élevée par rapport à celle trouvée par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Les analyses bactériologiques de **la plage Miramar** restent très faibles, les valeurs des concentrations en CT sont inférieures d'une moyenne de 3,15 UFC / 100 ml à la VG, sans dépasser la VL. Et une absence totale des CF ne dépassant n'est la VG ni la VL. Pour

les SF les concentrations reste très faible d'ordre de 1,31 UFC / 100 ml à la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage en face du camp d'étoile (St. 9), les variations de la température enregistre une valeur moyenne de température de 18,89 °C avec une valeur minimale de 13,70 °C et maximale de 23,40 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et à celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est de la moyenne de la salinité enregistrée est de 35,77 avec une concentration maximale d'ordre de 37,30 et une valeur minimale de 33,70 qui reste inférieur à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23, et reste approximativement similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,50 et supérieure de 8,45 avec une moyenne de 7,95 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 54,77 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 58,95 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 49,90 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O₂ dissous où en enregistre un maximum de 106,75 % et un minimum de 61,80 % avec une valeur moyenne de 94,58 % qui est très élevée par rapport à celle trouvé par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Pour les analyses bactériologiques de **la plage en face du camp d'étoile** reste faible, les valeurs des concentrations en CT de 22,69 UFC / 100 ml sont inférieurs d'une à la VG, sans dépasser la VL. Et une absence totale des CF ne dépassant n'est la VG ni la VL. Pour les SF les concentrations reste très faible d'ordre 2,23 UFC / 100 ml à la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage du poste 1 (St. 10), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température d'ordre de 19,02 °C avec une valeur minimale de 13,75 °C et maximale de 23,60 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et reste similaire à celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est la

moyenne de la salinité enregistrée est de 35,82 avec une concentration maximale d'ordre de 37,30 et une valeur minimale de 33,80 qui reste inférieur à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23 et à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,29 et supérieure de 8,46 avec une moyenne de 7,94 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 55,05 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 58,95 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 50,50 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O_2 dissous où en enregistre un maximum de 102,15 % et un minimum de 62,80 % avec une valeur moyenne de 91,13 % qui est très élevée par rapport à celle trouvé par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Pour les analyses bactériologiques de **la plage du poste 1**, les valeurs des concentrations en CT sont inférieurs d'une moyenne de 263,31 UFC / 100 ml à la VG, sans dépasser la VL. Et une légère présence des CF d'ordre de 0,31 ne dépassant n'est la VG ni la VL. Pour les SF les concentrations reste faible d'ordre de 7,38 UFC / 100 ml à la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage du poste 2 (St. 11), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température d'ordre de 18,60 °C avec une valeur minimale de 13,75 °C et maximale de 22,70 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et reste similaire à celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est la moyenne de la salinité enregistrée est de 35,88 avec une concentration maximale d'ordre de 37,40 et une valeur minimale de 33,90 qui reste inférieur à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23 et reste similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,50 et supérieure de 8,23 avec une moyenne de 7,85 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 55,13 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 58,85 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 50,90 μs

/ cm et pour le taux de saturation en O₂ dissous où enregistre un maximum de 112,05 % et un minimum de 62,90 % avec une valeur moyenne de 99,29 % qui est très élevée par rapport à celle trouvée par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Les analyses bactériologiques de **la plage du poste 2**, les valeurs des concentrations en CT sont inférieures d'une moyenne de 239,77 UFC / 100 ml à la VG, sans dépasser la VL. Et une légère présence des CF d'ordre de 0,23 ne dépassant ni la VG ni la VL. Pour les SF les concentrations restent faibles d'ordre de 7,08 UFC / 100 ml à la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage du poste 3 (St. 12), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température d'ordre de 19,21 °C avec une valeur minimale de 13,90 °C et maximale de 23,80 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et reste similaire à celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est la moyenne de la salinité enregistrée est de 35,87 avec une concentration maximale d'ordre de 37,60 et une valeur minimale de 33,70 qui reste inférieure à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23 et reste similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,37 et supérieure de 8,47 avec une moyenne de 7,98 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux on a mesuré une minéralisation moyenne d'ordre de 55,92 µs / cm, avec une minéralisation maximale de 59,20 µs / cm et minimale de 52,50 µs / cm et pour le taux de saturation en O₂ dissous où enregistre un maximum de 104,25 % et un minimum de 62,50 % avec une valeur moyenne de 93 % qui est très élevée par rapport à celle trouvée par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Pour les analyses bactériologiques de **la plage du poste 3**, les valeurs des concentrations en CT sont inférieures d'une moyenne de 340,77 UFC / 100 ml à la VG, sans dépasser la VL. Et une présence des CF d'ordre de 0,92 ne dépassant ni la VG ni la VL. Pour les SF on enregistre des concentrations très élevées d'ordre de 303,69 UFC / 100 ml dépassant la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage du poste 4 (St. 13), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température d'ordre de 19,43 °C avec une valeur minimale de 13,75 °C et maximale de 23,90 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et reste similaire à celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est la moyenne de la salinité enregistrée est de 35,91 avec une concentration maximale d'ordre de 37,50 et une valeur minimale de 33,80 qui reste inférieur à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23 et reste similaire à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de 7,38 et supérieure de 8,42 avec une moyenne de 7,94 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 55,07 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 59,30 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 52,10 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O₂ dissous où enregistre un maximum de 104,25 % et un minimum de 63,60 % avec une valeur moyenne de 93,05 % qui est très élevée par rapport à celle trouvé par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Pour les analyses bactériologiques de **la plage du poste 4**, les valeurs des concentrations en CT sont inférieurs d'une moyenne de 84,23 UFC / 100 ml à la VG, sans dépasser la VL. Et une présence des CF d'ordre de 1,85 ne dépassant n'est la VG ni la VL. Pour les SF on enregistre des concentrations de 43,46 UFC / 100 ml ne dépassant pas la VL (JORA, 1993).

Concernant la plage du poste 5 (St. 14), les variations de la température montrent une valeur moyenne de température d'ordre de 19,49 °C avec une valeur minimale de 14,50 °C et maximale de 23,80 °C ne dépassant pas la norme Algérienne recommandée qui est de 25 °C (JORA, 2006), mais qui reste inférieure à 27,09 °C celle trouvée par Gueddah (2003) et reste similaire à celle de Chaouch (2007) de 19,21 °C. Pour ce qui est la moyenne de la salinité enregistrée est de 35,86 avec une concentration maximale d'ordre de 37,60 et une valeur minimale de 33,80 qui reste inférieur à celle trouvée par Gueddah en 2003 de l'ordre de 40,23 et à celle trouvée par Chaouch (2007) de 36,77. Les variations du pH sont inférieures avec des valeurs enregistrées comprises entre la limite inférieure de

7,53 et supérieure de 8,38 avec une moyenne de 7,97 ne dépassant pas ni la norme Algérienne recommandée qui est de 8 ni à la valeur de 8,15 celle de Gueddah en 2003, et reste semblable à celle trouvée par Chaouch (2007) de 7,79. Pour ce qui est de la conductivité électrique des eaux en a mesurée une minéralisation moyenne d'ordre de 54,85 $\mu\text{s} / \text{cm}$, avec une minéralisation maximale de 58,80 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et minimale de 50,20 $\mu\text{s} / \text{cm}$ et pour le taux de saturation en O_2 dissous où enregistre un maximum de 104,25 % et un minimum de 68,40 % avec une valeur moyenne de 93,92 % qui est très élevée par rapport à celle trouvé par Gueddah en 2003 d'ordre de 50,06 % et celle de Chaouch en 2007 d'ordre de 50,63.

Les analyses bactériologiques de **la plage du poste 5** sont faible, les valeurs des concentrations en CT de 17,23 UFC / 100 ml sont inférieurs à la VG, sans dépasser la VL. Et une présence des CF de 0,77 UFC / 100 ml, ne dépassant pas ni la VG ni la VL. Pour les SF on enregistre des concentrations de 2,23 UFC / 100 ml ne dépassant pas la VL (JORA, 1993).

La subdivision de notre ZE du littoral **du golfe de Skikda** en 3 sous zones Skikda (SZE 1), Stora (SZE 2) et Larbi Ben M'hidi (SZE 3), nous a permis de discuter les différentes sous zones d'études. L'ensemble des paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans les 3 sous zones montre que leurs eaux sont conformes normes Algériennes recommandées et ne présentent ni pollution physico-chimique ni bactérienne.

Les paramètres physico-chimiques des eaux de baignade varient en fonction des saisons en effet, la température est la plus élevée en période estivale avec une moyenne de 20,77 °C et la minimale en hiver, ceci s'explique par la forte intrusion du large du bassin méditerranéen à l'origine d'un renouvellement continu de ces eaux. Les résultats obtenus restent conformes à ceux enregistrés par Gueddah (2003) qui trouve 27,09 °C et par Chaouch (2007) avec 19,21 °C. La salinité est également maximale en été, conséquence de l'importance intensité d'évaporation lors des forts réchauffements et minimale en hiver. Ce résultat s'explique par la dilution des eaux de mer par les fortes précipitations en hiver. Les variations annuelles moyennes du pH restent conformes aux valeurs limites Algériennes entre 6 et 8, qualité requise pour les eaux de baignade. Concernant la conductivité électrique on peut dire que les eaux superficielles du golfe de Skikda sont peu minéralisées avec 51,86 $\mu\text{s} / \text{cm}$ comme limite inférieure en hiver et 55,32 $\mu\text{s} / \text{cm}$ comme limite

supérieure en été. Pour ce qui est de l'O₂ dissous, ses valeurs sont le plus élevées au printemps avec 100 % et les plus basses en automne avec 67,84%. Ces taux sont légèrement différents de ceux rapportés par Gueddah en 2003 ou encore par Chaouch en 2007 cependant ils restent conformes aux valeurs limites Algériennes (80 à 120%).

Si on se réfère aux normes Algériennes et si nous tenons compte des contaminations par les CT, CF ou les SF (extrait du décret exécutif n° 93-164 du 10/07/1993 JORA n°46) nous pouvons considérer que les eaux de baignade du **golfe de Skikda** sont de bonne qualité microbiologique.

Les analyses statistiques univariées et multivariées des résultats des mesures des paramètres physico-chimiques des eaux du golf de Skikda nous ont permis de les associer pour comprendre leurs interactions. Ainsi, l'analyse de la variance univariée en fonction des stations a présenté des variations non liées aux mois, on a noté entre station l'existence de différences très hautement significatives seulement pour la conductivité électrique les autres variables: T, Salinité, pH, O₂ dissous montrent des absences de différences significatives. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus par Kerfouchi, 1984; Ammar et *al.*, (1991) ou encore Mezedjeri, en 2007, ils peuvent être expliqués par les rejets d'eaux usées urbaines et industrielles en provenance de la ville de Skikda et du pôle pétrochimique fortement minéralisées directement dans l'oued Saf saf.

L'analyse en composante principale (ACP) montre que les 3 premiers axes justifient 95,30 % de l'ensemble des variables qui correspondent à leur bonne corrélation et sur le plan de leur position dans le premier plan factoriel, on distingue 10 groupes de stations réunis en fonction de leurs caractéristiques environnementales impactées comme le signale Darmoul et *al.*, (1980) par les rejets industriels.

Le regroupement des résultats des paramètres physico-chimiques en fonction des 14 stations au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carrée de Pearson nous a permis de noter un niveau de similarité de 92,69 %, ce qui permet de distinguer 10 groupes homogènes distincts pour les stations et 4 groupes pour les variables physico-chimiques.

Concernant l'analyse des 3 variables bactériologiques l'analyse de la variance univariée entre station montre des différences hautement significatives pour les CT et SF, et juste significatives pour les CF tandis que les variations entre mois nous permettent de

montre l'existence d'une différence significative pour les CF et l'absence de différence pour les CT et SF. Ces résultats peuvent être expliqués par la nature des rejets urbains charriés par le biais du bassin versant du Saf saf et par les différents rejets d'autres oueds à proximité des sites de prélèvement le long du littoral comme le montrent Hamidi, 1997; Merabtine et *al.*, 1998 ou encore Gueddah en 2003

L'analyse en composante principale (ACP) des résultats bactériologiques montre que les 2 axes retenus justifient 89,40 % de la variation totale des variables initiales, résumant au mieux l'information apportée par les 3 variables CT, CF et SF.

Le regroupement des 14 stations en fonction de la qualité bactériologique des eaux analysées au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carrée de Pearson nous a permis de noter un niveau de similarité de 99,69 %, avec 7 groupes homogènes distincts pour les stations et 2 autres groupes pour les variables.

Concernant l'analyse globale des 5 paramètres physico-chimiques et des 3 variables bactériologiques, nous permet d'établir l'existence de différences très hautement significatives que ce soit en fonction des stations ou entre mois.

L'ACP montre que les 4 axes retenus justifient 88,70 % de la variation totale des variables initiales, résumant au mieux l'information apportée par l'ensemble des variables mesurées.

Le regroupement des 14 stations en fonction de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux analysées, au moyen d'un dendrogramme à l'aide du lien simple et de la distance carrée de Pearson nous a permis de noter un niveau de similarité de 96,79%, avec 6 groupes homogènes distincts pour les stations et 7 autres groupes pour l'ensemble des variables.

Le calcul de l'indice de Bourgeois, montre que la contamination bactérienne des eaux du golfe de Skikda est entièrement d'origine animale avec $R < 0,7$ ceci s'explique par le fait que tout le long de l'oued Saf saf on note de fortes activités agricoles particulièrement l'élevage d'animaux.

Conclusion

Conclusion

Dans cette étude nous avons abordé la problématique liée à la pollution microbiologique des principales plages de baignades de la ville de Skikda (Est Algérien).

Pour cela le suivi des paramètres physico-chimiques et de la qualité bactériologique ont été entrepris mensuellement de juin 2008 à mai 2011. Nous avons mesuré dans les eaux superficielles la température, le pH, la salinité, l'O₂ dissous et la conductivité électrique puis recherché et quantifié les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux. Les résultats obtenus et leurs analyses statistiques nous ont permis d'établir un diagnostic préliminaire de l'état de la pollution de ces écosystèmes côtiers, influencés par divers rejets aussi bien urbain comme l'oued Saf saf qu'industriels par le Complexe pétrolier de la Sonatrach. Au terme de cette étude on peut dire qu'il existe dans le milieu marin 2 types de conséquences de la pollution: les conséquences directes, visibles comme les déchets solides ou liquides et des conséquences indirectes qui se répercutent sur le bien être de l'homme de façon néfaste après consommation des produits de la mer ou lors d'activités nautiques.

Dans les eaux superficielles du golfe de Skikda la température moyenne est de 18,41 °C avec un maximum en période estivale rencontré dans la plage de Larbi Ben M'hidi, une salinité moyenne de 35,87 avec des valeurs élevées en période d'été rencontrées à la plage Militaire 2, un pH basique de 7,93 avec un maximum en hiver à la plage Molo en raison de la présence de sels dissous rejeté par l'agglomération de la cité de Stora, un degré de saturation en O₂ de 67,84 avec pic à la fin de l'été dans la plage du poste 2 de Larbi Ben M'Hidi et une minéralisation d'ordre de 53,58 µs / cm avec un maximum en période estivale dans la plage du poste 4 de Larbi Ben M'Hidi.

Comparativement aux normes Algériennes et celles de l'OMS/PNUE (1983) relatives aux eaux récréatives les principales plages de la wilaya de Skikda sont considérées comme acceptables pour la baignade avec des variations temporaires de la qualité physico-chimique.

Ce programme de surveillance bactériologique étalé sur 3 années a permis de déterminer l'impact réel et potentiel de la pollution bactérienne dans les eaux de baignade du golfe de Skikda. En effet, durant notre période d'étude allant de juin 2008 au mai 2011, on enregistre une pollution bactérienne mais qui reste acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue par rapport aux reste des plages. Les eaux superficielles restent

dans la norme Algérienne pour l'ensemble des germes recherchés avec une prédominance des Coliformes totaux: 80,87%, suivi des Streptocoque fécaux: 18,88% et enfin les coliforme fécaux: 0,25%. L'ensemble des résultats obtenus restent conformes à la norme Algérienne et celles de l'OMS/PNUE (1983) relatives aux eaux récréatives les principales plages de la wilaya de Skikda sont considérées comme de bonne qualité à l'exception des 2 plages celles de château vert et du poste 3 qui restent acceptables pour la baignade avec des variations temporaires de la qualité bactériologique qui doivent faire l'objet de surveillance et de contrôle continu. Le calcul de l'indice de Bourgeois montre que cette pollution est essentiellement animale dans l'ensemble des 14 sites de baignade ($R < 0,7$).

Comparativement aux normes Algériennes et celles de l'OMS/PNUE (1983) relatives aux eaux récréatives les principales plages de la wilaya de Skikda sont considérées comme en bonne qualité pour la baignade avec des variations temporaires de la qualité bactériologique au niveau de 2 plages celle de château vert et celle du poste 3 qui sont acceptables et doivent faire l'objet d'un contrôle et une surveillance continu

Les analyse statistique univariées et multivariés à monter que: L'analyse de la variance univariée ANOVA, appliquée entre station a l'ensemble des 8 caractéristiques physico-chimiques et bactériologique, présentent des moyennes montrant des différences juste significative pour les CF, et hautement significative pour les CT et SF et très hautement significatives pour la température, conductivité électrique et O₂ dissous, et l'absence totale de différences significatives chacune des variables la salinité et le pH. Et celle appliquée entre mois, montrent l'existence de différences très hautement significatives entre les 36 mois pour l'ensemble des variables physico-chimiques et hautement significatives pour CF et absence de différences significatives pour les CT et les SF.

La MANOVA appliquée entre les moyennes des 8 caractéristiques entre les 14 stations et les 36 mois à la période d'étude, montre à l'existence de différences très hautement significatives.

L'analyse en composantes principales, appliquée à la matrice des corrélations obtenues à partir des 8 variables centrées réduites prises 2 à 2, présente 4 premiers axes, qui expliquent 88,7 % de la variation totale des variables résumant ainsi l'information

apportée par ces variables. Et sur la base de leur position dans le premier plan factoriel 1-2, a permis d'observer 7 groupes.

En dernier lieu, une analyse hiérarchique permettant de rechercher les stations homogènes, a permis d'observer 6 groupes et cela pour un niveau de similarité de 97 %.

Cette étude apporte certes des informations sur la qualité des eaux de surfaces du golfe de Skikda des 14 stations étudiées le long de sa baie, et leurs influences sur la santé humaine. Cependant, beaucoup de questions restent inachevées auxquelles il y a lieu d'apporter des solutions.

En perspective, on peut dire que les analyses effectuées dans le golfe de Skikda sont partielles, irrégulières et partiellement précises, pour cela il faudrait mettre en œuvre une stratégie de sécurité et de protection du littoral de Skikda et son environnement notamment par les 6 recommandations suivantes:

1. la mise en place urgente d'une politique de protection de l'environnement des rejets basée sur 2 principes: le 1^{er} pollueur / payeur et le second de prévention et réduction des rejets qu'ils soient urbains ou industriels à la source.

2. renforcer les capacités organisationnelles et humaines du service public chargé de la propreté par la formation, l'information, l'appui à l'organisation et l'aide à la décision synergique entre les élus locaux, les cadres communaux, les ONG, les administrations départementale et centrale chargées des questions environnementales.

3. la mise en œuvre d'une stratégie de développement des stations d'épurations et de traitement des eaux de mettre des dispositifs mobilisateurs pour stimuler la participation du secteur privé tels que les microentreprises ou encore les laboratoires dans les activités liées à la gestion de l'environnement littoral marin.

4. réfléchir à créer un système d'information qui permette le développement de l'éveil de la conscience générale et des campagnes de sensibilisation vis-à-vis de la pollution côtière et le développement de la communication appropriée avec l'utilisation de canaux, des outils éducatifs et des médias.

5. appliquer les réglementations d'une manière stricte interdisant tous rejets industriels ou urbains sans traitement dans les eaux côtières

6. la création d'un système de surveillance permanent comme l'observatoire du littoral qui sera un appui à l'administration et aux professionnels de la mer.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

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

Aminot A., et M. Chaussepied., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Dans aminot A., chaussepied M. (ed), Paris.

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

APE., 2007. Monographie actualisée de la wilaya de Skikda. 60 p.

Bautista M.G., Smith D.W. and Steiner R.L., 1997. A cluster-based approach to means separation. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 2 (2), 198-211.

Benmassaoud F., 1987. Étude de deux mollusques lamelibranches: *Cerastodermaedule* (L., 1767) et *Venerupisdecussata* (L. 1758) dans l'estuaire du Bou-Regreg. Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Mohammed V, Rabat 119pp. + annexes.

Bliefert C. et Perraud R., 2001. *Chimie de l'environnement. Air, Eau, Sol, Déchets.* De Boeck.Bruxelles.477 p.

Borrego A.F. and Romero P., 1982. Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. Relationship between *fecal coliforms* and *fecal streptococci*. Vie journée étud. Pollutions, Cannes, France, pp. 561-569.

Bourgeois C.M., 1980. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaire. Edition. Technique et Documentation, Paris. Vol. 3. pp 90-224.

Bouroche J.M. et Saporata G., 1980. *L'analyse des données.* 1^{ère} édition. Presses Académique de France. Paris, 127 p.

Boussaloua, H., 1987. Structure et dynamique des populations de *Corophium volutator* (Pallas) (Crustacé Amphipode) de l'estuaire du Bou-Regreg. Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Mohammed V, Rabat 152 pp.

Boussalwa E., Douira A. et Mokhtar N., 2000. Etude descriptive d'un peuplement benthique superficiel exposé à une pollution décroissante dans l'estuaire de Sebou (côte atlantique marocaine) Riv. Idrobiol.; 39 : 560-579.

Boussalwa E., Douira A. et Mokhtar N., 2001. Contribution à l'étude typologique d'une lagune exposée à la pollution, lagune de Nador (Maroc) : distribution des mollusques. Acte de l'institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.

Bremond R. et Perrodon Z., 1979. Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'env. Direction prévention des pollutions, France, 2 éd, 259p.

Cadastre Littoral de la Wilaya de Skikda, 2004. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, pp 2-94.

- Carriker M.R., 1967. Ecology of estuarine benthic invertebrates: a perspective. *Estuaries* (ed. G.H. Lauff), pp. 443–487. AAAS.
- Chakraborty S., Nair G.B. and Shinoda S., 1997. Pathogenic vibrios in the natural aquatic environment. *Rev. Environ. Health*. 12:63-80.
- Chaouch R. 2007. Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages de la ville d'Annaba: aspects physico - chimiques et bactériologiques des eaux. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. Algérie. 90 p.
- Chiahou S., 1990. Etude bio-écologique des copépodes pélagiques marins de l'estuaire atlantique du Bou-Regreg. Thèse de 3ème cycle. Univ. Mohamed V, Fac. Sc. Rabat.
- Cox T.F., Cowpertwait P.S.P., 1992. Clustering population means under heterogeneity of variance. *Statistician* 41 (5), 591-598.
- Dagnélie P., 1970. Théorie et méthodes statistiques: applications agronomiques (vol. 2). Gembloux, Pesses agronomiques, 451 p.
- Dagnélie P., 1986. Analyse statistique à plusieurs variables. Gembloux, Pesses agronomiques, 362 p.
- Dagnélie P., 2006. Statistique théorique et appliquée. Tome 2: Inférences à une et à deux dimensions. Bruxelles-université de boeck et larcier : 659 p.
- Darmoul B., Hadj Ali Salem M. et Vitelli P., 1980. Effets des rejets industriels de la région de Gabès (Tunisie) sur le milieu marin récepteur. *Bull. Inst. Nat. Scien. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, 7: pp 5-61.
- Dakki M., 1987 – Ecosystèmes d'eau courante du haut (Moyen Atlas): études typologiques et analyses écologiques et biogéographiques des principaux peuplements entomologiques. *Trav. Inst. Sci. Sér. Zool.*, 42: 1-99.
- Di Rienzo J.A., Guzman A.W. and Casanoves F., 2002. A multiple-comparison method based on the distribution of the root node distance of binary tree. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 7(2), 129-142.
- Djabali F., 1988. Prospection et chalutage en baies de Skikda et de Jijel. *Rapp. ISMAL*:18p.
- Dussart G.B.H., 1966. Limnologie: l'étude des eaux continentales. Géobiologie Ecologie Aménagement. Gauthier – Villars. Paris. 619pp.
- El Kherrak H., 1993. Etude des méthodes de comparaisons multiples et de classification des moyennes en expérimentation agronomique. Gembloux, faculté des sciences agronomiques, 196 p.
- E.R.H., 1996. Evaluation de la ressource halieutique. Ministère des pêches et des ressources halieutiques. *Rapp. Campagne*.1996 : 40 p.

Evans, T.M., Waarvick, C.E., Seidler, R.J. et LE Chevallier, M.W., 1981. Failure of the most probable number technique to detect coliforms in drinking water and raw water supplies. *Appl. Environ. Microbiol.*, 41: 130. Evans J.R., 1986. International health: A rationale. *A SM News*, 52: 460-464.

Ezzouak M., 1987. Essai d'évaluation de la qualité des eaux superficielles dans l'estuaire du Bou Regreg (Maroc). Mem, C.E.A. Univ. Mohammed V, Rabat. 70 p

Fadli M..2003. Étude malacologique; vecteurs intermédiaires de Bilharziose urinaire dans le bassin du Loukkos, la plaine du Gharb et la plaine de Tadla (Maroc). Doctorat d'État, Univ. Ibnou-Tofail Kenitra, 148 pp.

Galaf F. et Ghannam S., 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de 3^{ème} cycle. Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie (option Halieutique) I.A.V. Hassan II.

Geldreich E., 1976. *Fecal coliform* and *fecal streptococcus* density relationships in waste discharges and receiving waters. *Crit. Rev. Environ. Control*, 6, 349-369.

Goldberg E., 1976. The health of the oceans. The UNESCO Press. Pp. 165-170.

Gueddah D., 2003. Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda; Impact sur l'écosystème marin côtier. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. Algérie. 114 p.

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

Hazen T.C., Mercado J.S. and Toranzos G.A., 1987. What does the presence of faecal coliforms indicate in the waters of Puerto Rico. *A review Bol. Asoc.Med.P. Rico* 79 (5): 189-193.

Hiraishi A., Saheki K. and Horie S., 1984. Relationships of *total coliform*, *fecal coliform* and organic pollution levels in Tamagawariver. *Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries*. 50 (6) : 991-997

JORA., 1993. Journal Officiel de la République Algérienne. Décret exécutif N°93-164 du 10 juillet 1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade.

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

Kenner B.A., Clark H.F., Kabler, A., 1961. *Fecal streptococci I*: cultivation and enumeration of streptococci in surface waters. *App. Microbiol.* 9 : 15-20.

Kerfouchi M.S., 1984. Le bassin de Saf saf: irrigation et aménagement des ressources en eau. Thèse de doct. 3^{ème} cycle, Nancy II 440p.

Khelfaoui F. et Zouini D., 2010. Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du Saf-Saf (wilaya de Skikda, Nord-Est Algérien). *Revue « Nature et Technologie »*, N°03/Juin 2010, Algérie, pp. 50-56.

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

Lavoie M.C., 1983. Identification of strains isolated as total and fécal coliforms and comparaison of both groups as indicators of fecal pollution, in tropical climates. *Can. J. Microbiol.* 29 (6) : 689-693.

Leclerc H., 1987. Les coliformes. Cours de microbiologie des boissons et des produits de la mer. *Inst. Pasteur-Lille*. 1-16.

LEM., 1998. Laboratoire d'Etude Maritime. Etude d'impact sur l'environnement du dragage de l'ancien port de Skikda. *Entreprise Portuaire Skikda*: 37p.

Lopez-Torres A.J., Saheki K. and Horie S., 1988. Comparaison of the in situ survival and activity of *klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* in tropical marine environments. *Microbiol. Ecol.*, 15: 41-57.

Merabtine H. et Merzoug A., 1997. Salubrité des sites récréatifs marins: méthodes d'analyse microbiologique de l'eau de mer. Premier Atelier Régional Est sur la surveillance de la qualité des eaux de baignades, El Tarf, 13 p,

Merabtine H., Merzoug A., Bouali B., Boukahrl C., Bouhank S., Refes N. et Chaab H., 1998. Evaluation de la qualité microbiologique de l'eau de mer de la plage Ouest de Sidi Fredj (Algérie). *Rapp. Comm. Int. Mer Med.* Vol.35.

Mézédjri L., 2007. Modélisation de l'Impact de la Pollution Industrielle Hydrique dans le Golfe de Skikda (Littoral Est algérien). Thèse de Doctorat ès sciences de la Mer. Université Annaba. 147 p.

Mézédjri L., Tahar A. and Djebar A.B., 2007a. Study of the quality of the industrial residuary waters, rejected in the gulf of Skikda (Algeria). *J. Fish. Intl.*, 2 (1): 110-114.

Mézédjri L., Tahar A. et Djebar A.B., 2007b. Evaluation de la charge polluante hydrique industrielle dans le golfe de Skikda (Côtes Est Algériennes). Recueil des communications du Workshop International sur la gestion des Ressources Halieutiques « GRH 2007 », 29 et 30 octobre 2007. Dély Ibrahim. ISMAL. Algerie.

Millot C., 1987. The circulation of Levantine intermediate water in the Algerian basin. *J. Geophys. Resear.*, 92(C8): 5265-8276.

Millot C., 1993. La circulation générale en méditerranée occidentale. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, 9-11, Novembre 1992. *Doc.* : 29-30.

Millot C. and Taupier I., 2005. Circulation in the mediterranean sea. *Hbb. Env. chen.*, 2005 Vol 5, n part K, 23-66

Nisbet M. et Verneaux J., 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. *Annales de limnologie.* 6 (2) : 161-190.

Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.), 1972. Normes internationales pour l'eau de boisson. 3^{ed}, organisation mondiale de la santé, Genève.

OMS (Organisation Mondiale de la Santé). 2004. Guide lines for safe recreational water environments: Volume 1: Coastal and fresh waters. 15p.

Ottman F., 1965. Introduction à la géologie marine et littorale. Masson éd., 259p.

Ould lemme A. O., 1993. Impacts des activités anthropiques sur l'environnement de l'estuaire du Bou-Regreg: caractéristiques physico-chimiques et sédimentologiques, pollution urbaine métallique. Effet des lâchers de barrage de Sidi Mohammed Ben Abdellah. Thèse. Doct. 3^{ème} cycle, E.N.S., Rabat, 165pp.

Palm R., 2000. L'analyse de la variance multivariée et l'analyse canonique discriminante: principes et applications. Notes stat. Inform. (Gembloux) 2000/1, 40 p.

Palm R., 1998. L'analyse en composantes principales: Principes et applications. Notes stat. Inform. (Gembloux) 98/2, 33 p.

Poggi R., 1991. Impact sanitaire des contaminations microbiologiques. *in*: La mer et les rejets urbains. Ifremer Ed., Brest : 115-131. Raffinerie de Skikda., 2004. Document interne de RA1 /K.

Rodier J., 1998. L'analyse de l'eau. 8^{ème} édition, Dunod, Paris.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1383p.

Rodier J., Leguee B. et Merlel N. 2009. L'analyse de l'eau, 9^{ème} Edition, Dunod, Paris, 1187-1188p.

Rodier J., Bazin C., Brautin J. P., Chambou P., Champaur H. et Radier L., 1996. L'analyse des eaux: eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8^{ème} édition Paris, collection Dunod. 383p.

Thiery A., 1987. *Les Crustacés* Branchiopodes Anostraca, Notostraca et Conchostraca des milieux limniques temporaires (Dayas) au Maroc. Taxonomie, biogéographie, écologie. Ph. D. Thesis, Université Aix-Marseille III, 405 pp.

Ui, J., Kitamura, S. 1971. Mercury in the Adriatic. Mar. Pollut. Bull. ; 2 : 56-8.

Winslow C.E. and Palmer G.I., 1990. A comparative study of intestinal streptococci from the horse, the cow and man. *J. Infect. Dis.*, 7 :1.

X., [2003]. Minitab software statistique, version 14.1 pour Windows.

Annexes

Annexes

Annexe 1: Activités scientifiques.

1- Publications et communications

1. S. BOUHAYENE & A.B. DJEBAR.
Suivi de la contamination fécale des eaux de baignade du golfe de Skikda (Nord-Est Algérien).
in European Journal of Scientific Research (ISSN 1450-216X / 1450-202X). Vol. 112
No 4 October, 2013, pp.529-536 <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>
2. BOUHAYENE S. and DJEBAR A.B.
Evaluation of the microbiological quality of the seawater of the main beaches of Skikda
(East - Algerian).
Soumission d'un 2^{ème} article In Annals of biological research (ISSN: 0976-1233).
<http://scholarsresearchlibrary.com>

2- Communications Orales.

1. BOUHAYENE S. & DJEBAR A.B.

Enquête bactériologique des eaux de baignade de la baie de Skikda (Nord Est, Algérie). Congrès international qualité des produit et de l'environnement traitement, valorisation des rejets et effets sur la santé humaine Sousse Tunisie 09-11 Avril 2010.

3- Communications affichées

1. BOUHAYENE S. & DJEBAR A.B.

Enquête bactériologique des eaux de baignade de la baie de Skikda (Nord Est, Algérie). Séminaire National sur les Interactions Biologie-Environnement -Skikda- 14-16 Décembre 2008.

2. BOUHAYENE S. & DJEBAR A.B.

Surveillance des paramètres bactériologiques des eaux de baignade de la baie de Skikda (Nord Est, Algérie). Colloque International des Biologie environnementale -Skikda- 08-10 Novembre 2009.