

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté: Sciences

Département: Sciences de la Mer

Domaine: Sciences de la nature et de la vie

Filière: Hydrobiologie Marine et Continentale

Spécialité: Environnement Marin et Ecosystèmes Lit

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2

Thème:

Impact du réchauffement climatique sur les ppc et
bactériologiques des eaux des plages de baignade
d'Annaba (2021).

Présenté par : Bouchachi Hassina

Encadrant : Abdallah Borhane DJEBAR Professeur UBMAAnnaba

Jury de Soutenance :

BENSOUILAH Mourad	Professeur	UBMAAnnaba	Président
DJEBAR Abdallah Borhane	Professeur	UBMAAnnaba	Encadrant
BELBACHA Said	CC	UBMAAnnaba	Examineur

Année Universitaire: 2022 - 2023

Remerciements

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de la réalisation de mon mémoire de fin de cycle.

A commencer d'abord par mon encadreur Professeur Djebbar Borhane que je remercie pour son soutien constant, ses précieux conseils et son expertise qui m'ont permis de mener à bien ce projet sans oublier sa disponibilité, sa patience et son écoute.

Toute ma gratitude va au professeur Bensouilah Mourad de m'avoir fait l'honneur de présider le jury et évaluer ce modeste travail, et au docteur Balbacha Said d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je souhaite également remercier mes professeurs pour leurs enseignements, leur inspiration et leur guidance, qui ont façonné ma réflexion et ont enrichi mes connaissances.

Je suis profondément reconnaissante envers tout le personnel du centre de santé Larbi Khrouf d'Annaba particulièrement son Directeur Salim Azizi et son Chef de laboratoire docteur Ben Laamri Kamel et la pharmacienne du laboratoire madame Ouelaa: je leur adresse mes sincères remerciements pour leur précieuse contribution à la réalisation de ce travail.

Je remercie également mes amis et ma famille pour leur soutien moral et leurs encouragements tout au long de cette aventure. Leur soutien inconditionnel m'a permis de surmonter les moments de doute et de fatigue.

Enfin, je remercie toutes les personnes de près ou de loin qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de quelque manière que ce soit. Leur aide, leur coopération et leur patience ont été d'une grande importance pour moi.

Dédicaces

Avant tout, louange à « Allah » tout-puissant qui m'a guidé tout au long de ma vie, Il m'a donné courage et patience pour dépasser tous les moments difficiles et m'a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Je dédie ce fruit de 18 ans de mes études surtout :

En la mémoire de ma défunte mémé Keltoum qui nous a quitté récemment et Dieu seul sait combien j'aurais aimé qu'elle soit à mes côtés aujourd'hui car j'ai toujours été sa fierté.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable maman Rosa.

A l'homme, ma précieuse offre de Dieu, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect: mon cher papa Kamel.

Je tiens également à remercier mes chères sœurs Séréna, Ines et Lydia qui ont toujours su comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille et surtout leurs encouragements.

Mes tantes Ghlima et Sonia qui m'ont beaucoup soutenu tout au long de mon parcours.

A tous les membres de ma famille paternel ou maternel (oncles, tantes, cousins, cousines, chacun par son nom) en tête de liste mon grand-père à qui je souhaite une longue vie et tous mes amis (es).

Merci à tous pour votre amour et vos encouragements.

Hassina

Liste des Figures

N°	Titre	Page
1	Origines des sources potentielles de pollution du milieu marin (FNH, modifié (2006).	03
2	Position géographique du golfe d'Annaba	06
3	Positionnements de principales plages d'étude (PI) dans le secteur ouest du golfe d'Annaba (google, 2007) modifiée	06
4	Vue satellitaire de la plage Rezgui Rachid (ex. Saint Cloud) (A), Commune d'Annaba. Latitude: 36°55'07"N, Longitude:7°45'50"E, Longueur: 583 m et Largeur: 13m, de la plage Plage: Rizzi Amor (ex. Chapuis) (B), Latitude : 36°55'45"N, Longitude: 7°45'23"E, Longueur: 584m, Largeur: 36m et (C) La Caroube, Commune d'Annaba, Latitude: 36°56'02"N Longitude : 7°45'47"E, Longueur: 277m, Largeur: 10 m (google earth 2022).	07
5	Vue satellitaire de la plage Refes Zahouane (ex. Toche) (A), Commune d'Annaba, Latitude : 36°56'38"N, Longitude : 7°45'58"E, Longueur : 583m, Largeur :7m, de la plage Belvédère (B), Commune d'Annaba, Latitude : 36°56'49"N, Longitude: 7°46'07"E, Longueur: 586m, Largeur :17m, et (C) Ain Achir, Commune d'Annaba, Latitude: 36°57'25"N, Longitude: 7°46'49"E, Longueur: 824m, Largeur : -19m (google earth 2022).	08
6	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermo tolérants (Lebres et Mouffok, 2008)	12
7	Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (Labres et Mouffok, 2008).	14
8	Matériels utilisé pour l'analyse bactériologique d'eaux mer provenant des plages de la wilaya d'Annaba (photos originaux)	15
9	Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rezgui Rachid (ex Saint cloud) en 2022.	17
10	Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rizzi Amor (ex chapuis) en 2022.	18
11	Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage la caroube en 2022.	19
12	Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Refes zahouane (ex Toche) en 2022.	19
13	Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Belvédère en 2022.	20
14	Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Ain Achir en 2022.	21

Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
1	Normes Algériennes des qualités bactériologique et physicochimique des eaux de baignades (JORA ,1993).	16
2	Valeurs seuils et classes de qualité pour l'eau de baignade (JORA ,1993)	17

Sommaire

1. Introduction.....	01
2. Matériels et méthodes.....	06
2.1. Présentation de la zone d'étude.....	06
2.2. Méthodes de prélèvement.....	09
2.2.1. Méthode générale de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP).....	09
- Principe.....	09
- Méthodologie.....	09
- Systèmes d'ensemencement.....	09
- Lecture des résultats.....	09
- Recherche et dénombrement des germes tests de contamination fécale (dosométrie)....	09
2.2.1.1. Dénombrement des coliformes.....	10
2.2.2. Méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation de tubes en milieux liquides.....	10
- Principe.....	10
- Mode opératoire.....	10
- Première étape: inoculation.....	10
- Deuxième étape : repiquage sur milieu de confirmation sélectif.....	10
2.2.2.2. Dénombrement des streptocoques fécaux ou Enterococcus.....	12
- Classification. Intérêt et modalités de leur recherche.....	12
2.2.3. Méthode par ensemencement en milieu liquide pour détermination du NPP.....	13
- Principe.....	13
- Mode opératoire.....	13
- Test présomptif.....	13
- Test confirmatif: recherche des streptocoques du groupe D.....	13
3. Résultats.....	16
3.1. Résultats des analyses microbiologiques.....	16
3.2. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rezgui Rachid (ex. Saint Cloud) en 2022.....	17
3.3. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rizzi Amor (ex. Chapuis) en 2022.....	18
3.4. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage La Caroube en 2022.....	18
3.5. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Refes Zahouane (ex. Toche) en 2022.....	19
3.6. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Belvédère en 2022.....	20
3.7. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Ain Achir en 2022.....	20
Discussion.....	22
Conclusion.....	25
Résumé.....	26
Summary.....	27
الملخص.....	28
Annexe 1.....	29
Annexe 2.....	30
Références bibliographiques.....	31

Abréviations

ORL	: Oto-Rhino-Laryngologie
POP	: Polluants Organiques Persistants
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
PH	: Potentiel d'Hydrogène
BCPL	: Bromo Crésol Pourpre Lactose
S/C	: Simple Concentration
VBL	: Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant
NPP	: Nombre le Plus Probable
E.COLI	: Escherichia Coli
CT	: Coliformes Totaux
CF	: Coliformes Fécaux
SF	: Streptocoques fécaux

Introduction

La Méditerranée, qui ne représente que 1% de la surface des océans (Gallini, 2008), est l'un des milieux marins et côtiers les plus riches, mais aussi l'un des plus vulnérables au monde en raison de son exposition à diverses nuisances, dont 80% sont d'origine terrestre (MEHSIP, 2008). Selon Boumaza (2014), la préservation de l'environnement, la surveillance, le suivi et la caractérisation de la qualité des eaux marines côtières sont devenues des priorités pour les scientifiques et les gestionnaires de l'environnement.

En Algérie, le problème de contamination fécale des eaux côtières a été peu étudié, et les risques sanitaires associés à ces bactéries ne doivent pas être négligés (Kadri, 2015). La frange côtière subit une augmentation des rejets d'eaux usées sans traitement, ce qui entraîne une pollution microbienne et une contamination des eaux de baignade par des matières fécales (Kerfouf *et al.*, 2010).

La qualité de l'eau de baignade est réglementée par un certain nombre de directives et de décrets en Algérie, qui établissent deux types de valeurs seuils, à savoir les valeurs guides et les valeurs limites. Ces valeurs permettent de définir deux catégories de qualité des zones de baignade : les zones de bonne qualité et les zones de qualité moyenne à mauvaise (Ouamane, 2014).

Afin de comprendre les problèmes liés à la pollution des eaux côtières dans la wilaya d'Annaba, une étude a été entreprise pour évaluer la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux de mer sur six plages de baignade: Rezugui Rachid (anciennement Saint-Cloud), Rizzi Amor (anciennement Chapuis), La Caroube, Refes Zahouane (anciennement Toche), Belvédère et Ain-Achir.

Généralités

Les baignades sont des eaux ou parties de celles-ci, qu'elles soient douces, courantes ou stagnantes, ainsi que l'eau de mer. La pratique de la baignade est soit expressément autorisée par les autorités compétentes si elles respectent les normes en vigueur, soit elle n'est pas interdite et généralement fréquentée par un grand nombre de baigneurs (Hebbar *et al.*, 2005).

La pollution marine est l'introduction, directe ou indirecte, par l'homme dans le milieu marin, y compris les estuaires, de substances ou d'énergie provoquant des effets nuisibles tels que des dommages aux ressources biologiques, des risques pour la santé humaine, des

obstacles aux activités maritimes, notamment la pêche, et une altération de la qualité de l'eau de mer (GESAMP, 1991).

On distingue trois types de pollution:

Pollution microbiologique: Les maladies principales causées par les eaux contaminées affectent principalement la sphère ORL (rhinites, sinusites, otites) et les yeux (conjonctivites), ainsi que la peau et les muqueuses (eczémas, vaginites). La pollution bactérienne dans les zones de baignade a souvent un impact sur la santé humaine. Ces maladies sont transmises par les excréments des baigneurs eux-mêmes ou par contact, et elles sont davantage liées à la densité des baigneurs et à leur état de santé qu'au degré de contamination par les eaux usées (Bouhayane, 2015). Selon Gaujous (1995), cette pollution est une forme de pollution biologique causée notamment par la prolifération de micro-algues, entraînant des déséquilibres dans l'écosystème et des modifications dans les chaînes alimentaires (bloom phytoplanctonique, eutrophisation). Les proliférations planctoniques sont principalement dues aux apports de déchets industriels, domestiques et agricoles riches en nitrates et phosphates, ainsi que par les microorganismes pathogènes tels que les bactéries et les virus transportés par les eaux usées directement rejetées en mer.

Pollution physique: Elle englobe la pollution mécanique (boues, solides flottants), la pollution thermique (rejet d'eau de mer utilisée par les usines pour refroidir certaines installations) et la pollution nucléaire (rejets de radio-isotopes par les centrales nucléaires). Selon Kankou (2004), cette pollution entraîne des modifications physiques de l'environnement, telles que des changements de température et la présence de particules ou de mousses qui réduisent la diversité du phytoplancton.

Pollution chimique: d'après Galaf et Ghannam (2003), ce type de pollution est causé par les rejets de produits chimiques d'origine industrielle et domestique. Ces polluants se divisent en deux catégories : les micropolluants chimiques inorganiques, principalement représentés par les métaux lourds (plomb, arsenic, mercure, etc.), qui sont bioaccumulables et peuvent atteindre l'homme à travers la chaîne alimentaire, provoquant des altérations graves d'organes ; et les micropolluants chimiques organiques tels que les hydrocarbures, les pesticides, les détergents, etc., également connus sous le nom de polluants organiques persistants (POP). La figure 1 représente les différentes sources de pollution des écosystèmes marins.



Figure 1: Origines des sources potentielles de pollution du milieu marin (FNH, modifié (2006).

Parmi les bactéries marines en rapport avec la qualité des eaux marines on a :

- Les Coliformes totaux qui selon l’OMS (1972), les bactéries coliformes comprennent tous les bacilles à Gram négatif, 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 coliformes appartiennent à la famille des enterobacteriaceae, 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).

Chez les entérobactéries, deux mécanismes principaux sont à l’origine de la résistance bactérienne aux antibiotiques:

- La modification de la cible (les quinolones)
- L’inactivation enzymatique dans le cas des aminosides et des β -lactamines (Forestiera *et al.*, 2007).

D’après Baudart *et al.*, (2009), la bactérie *Escherichia coli* est l’indicateur le plus fiable des coliformes fécaux causant des risques sanitaires associés à la baignade.

Les Coliformes thermo-tolérants ou coliformes fécaux constituent un sous-groupe des Coliformes totaux capables de se développer à 44°C. Ils sont considérés comme plus appropriés que les coliformes totaux comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe

est majoritairement constitué d'*Escherichia coli* mais comprend aussi *Klebsiella*, *Enterobacter* et *Citrobacter* (Servais *et al.*, 2009).

Parmi les microorganismes pathogènes on a:

- *Les Salmonelles*, bacilles à Gram négatifs aéro-anaérobies facultatifs, non sporulés, mobiles pour la plupart avec une ciliature périt riche, mais certaines sont immobiles.

Ce sont les êtres humains, les malades et les porteurs chroniques asymptomatiques, les animaux domestiques comme les chiens qui se baladent sur la plage ou les animaux sauvages comme les oiseaux ou les tortues qui représentent le réservoir de cette bactérie (Goita, 2014).

Les salmonelles appartiennent à la famille des entérobactéries, responsables de gastroentérites fébriles entraînant parfois des septicémies (Belle Mbou *et al.*, 2010).

- *Aeromonas*, les infections humaines induites par *Aeromonas sp.* Se divisent en deux catégories: les infections intestinales (diarrhées) et les infections extra-intestinales comme les bactériémies, les infections cutanées et ostéo-articulaires qui peuvent parfois avoir une porte d'entrée digestive (Fraisie *et al.*, 2008). Selon Pereira *et al.*, (2011) et Santé Canada (2006), Ils sont présents dans le sol, les eaux douces et même l'eau de mer. La contamination est d'origine hydrique soit par une effraction cutanée (plaie immergée au contact de l'eau) ou par ingestion d'eau et aliments contaminés. Les *Aeromonas sp* sont des bactéries ubiquitaires appartenant à la famille des *Aero monadaceae*. Ce sont des bacilles droits à Gram négatif à extrémités arrondies, coccoïdes, oxydase et catalase positives, aéro-anaérobies facultatives (Janda *et al.*, 2010).

- *Staphylocoques*, *Staphylococcus aureus* est un commensal de la peau et des muqueuses de l'homme et des animaux (rhinopharynx, intestin). Éliminé dans le milieu extérieur, cette bactérie peut survivre longtemps dans l'environnement (Haslay *et al.*, 1993).

D'après Madigan et Martinko (2007) et Avril *et al.*, (1992), les staphylocoques sont des cocci à Gram positif, qui se regroupent en amas ou en grappe de raisin, catalases positives, ubiquistes et très répandues dans la nature (air, eau, sol).

Selon Berche *et al.*, (1989), Il est le plus souvent impliqué dans les infections humaines, notamment oculaires, infections de la sphère génitale (par exemple les abcès pelviens), des voies aériennes (sinusite ou otites) et des voies pulmonaires.

La résistance aux antibiotiques de *Staphylococcus aureus* est essentiellement due à:

- Une inactivation enzymatique (cas de la pénicilline et des aminosides)
- Modification de la cible dans le cas de la méthicilline et des quinolones (Forestiera *et al.*, 2007).

- Streptocoques fécaux, ce terme désigne les streptocoques généralement présents dans les fèces de l'homme et des animaux. Tous possèdent l'antigène du groupe D de Lance Field. Du point de vue taxonomique, ils appartiennent aux genres *Enterococcus* et *Streptococcus* (Evens, 2014). Leur caractère de cocci à Gram positif leur confère une bonne résistance en milieux hydriques (eaux douces et marines). Ce qui permettrait la mise en évidence de pollutions plus anciennes (Jestin, 2004). Allongées ou ovales, groupées en paires ou en courtes chaînettes. Ils sont aéro-anaérobies facultatifs et micro aérophiles, immobiles, a sporulés et catalase négative (Rodier, 1997).

Parmi les principaux paramètres physico-chimiques de l'eau on a:

- La Température, selon Le Calvé (2002), les mers et les océans sont stratifiés la répartition des températures en surface est sensiblement zonale (fonction uniquement de la latitude) sauf près des côtes où les courants sont méridiens (Nord-Sud ou Sud-Nord). Le long de certaines côtes, on peut observer localement des températures très faibles, dues à un phénomène de remontée d'eau froide provenant d'une profondeur de quelques centaines de mètres. La température est un facteurs écologique important dans le milieu aquatiques (Rodier *et al.*, 2005). D'après Reece *et al.*, (2012) et Rodier *et al.*, (2005), elle détermine la répartition des organismes et influence les processus biologiques, permet de corriger les paramètres d'analyses dont les valeurs y sont liées comme la détermination du pH, pour la détection de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

- Potentiel d'Hydrogène, c'est une mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la basicité de l'eau. Le pH de l'eau de mer se situe normalement entre 7,5 et 8,5. Il est influencé par la température, la pression, la photosynthèse et les activités respiratoires des micro-organismes. Les pH basiques entraînent une nette diminution de la survie des coliformes fécaux (Chedad *et al.*, 2007). En milieu côtier, certains rejet industriels ou apports d'eau de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être un indice de pollution (Aminot et Chaussepied, 1983).

- Salinité, selon Le Calvé (2002), la répartition de la salinité en surface est moins zonale que celle des températures car les facteurs qui déterminent la salinité sont le bilan évaporation-précipitation et l'apport des grands fleuves. La salinité représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer. La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaitre la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large, comme à la côte ou dans les estuaires (Gueddah, 2003).

- Conductivité électrique, traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (Aminot et Kérouel, 2004).

2. Matériels et méthodes

Nous avons évalué les qualités bactériologique et physico-chimique des eaux de 6 plages de baignades d'Annaba, nous avons effectué analysés nos prélèvements dans le laboratoire d'épidémiologie et de médecine préventive de la clinique multiservices Laarbi Khrouf d'Annaba entre mars et mai 2023.

2.1. Présentation de la zone d'étude.

Notre zone d'étude (Golfe d'Annaba) se situe à l'Est Algérien, occupe 6 principales plages autorisé à la baignade retenues limité d'Est en Ouest par le Cap Rosa et le Cap de Garde: Rezgui Rachid (Saint Cloud) (Pl. 1), Rizzi Amor (Chapuis) (Pl. 2), La Caroube (Pl. 3), Refes Zahouane (Toche) (Pl. 4), Belvédère (Pl. 5) et Ain Achir (Pl. 6).



Figure 2: Position géographique du golfe d'Annaba.

Les 6 plages d'étude sont réparties sur la commune d'Annaba: 6 plages: (Pl.1 - Pl.6).



Figure 3: Positionnements des 6 principales plages d'étude (Pl.) dans le secteur ouest du golfe d'Annaba (Google 2007) modifiée.



Figure 4: Vue satellitaire de la plage Rezgui Rachid (ex. Saint Cloud) (A), Commune d'Annaba. Latitude : $36^{\circ}55'07''N$, Longitude: $7^{\circ}45'50''E$, Longueur: 583m et Largeur: 13m, de la plage : Rizzi Amor (ex. Chapuis) (B), Latitude : $36^{\circ}55'45''N$, Longitude: $7^{\circ}45'23''E$, Longueur: 584m, Largeur : 36m et (C) La Caroube, Commune d'Annaba, Latitude : $36^{\circ}56'02''N$ Longitude: $7^{\circ}45'47''E$, Longueur: 277m, Largeur: 10 m (google earth 2022).

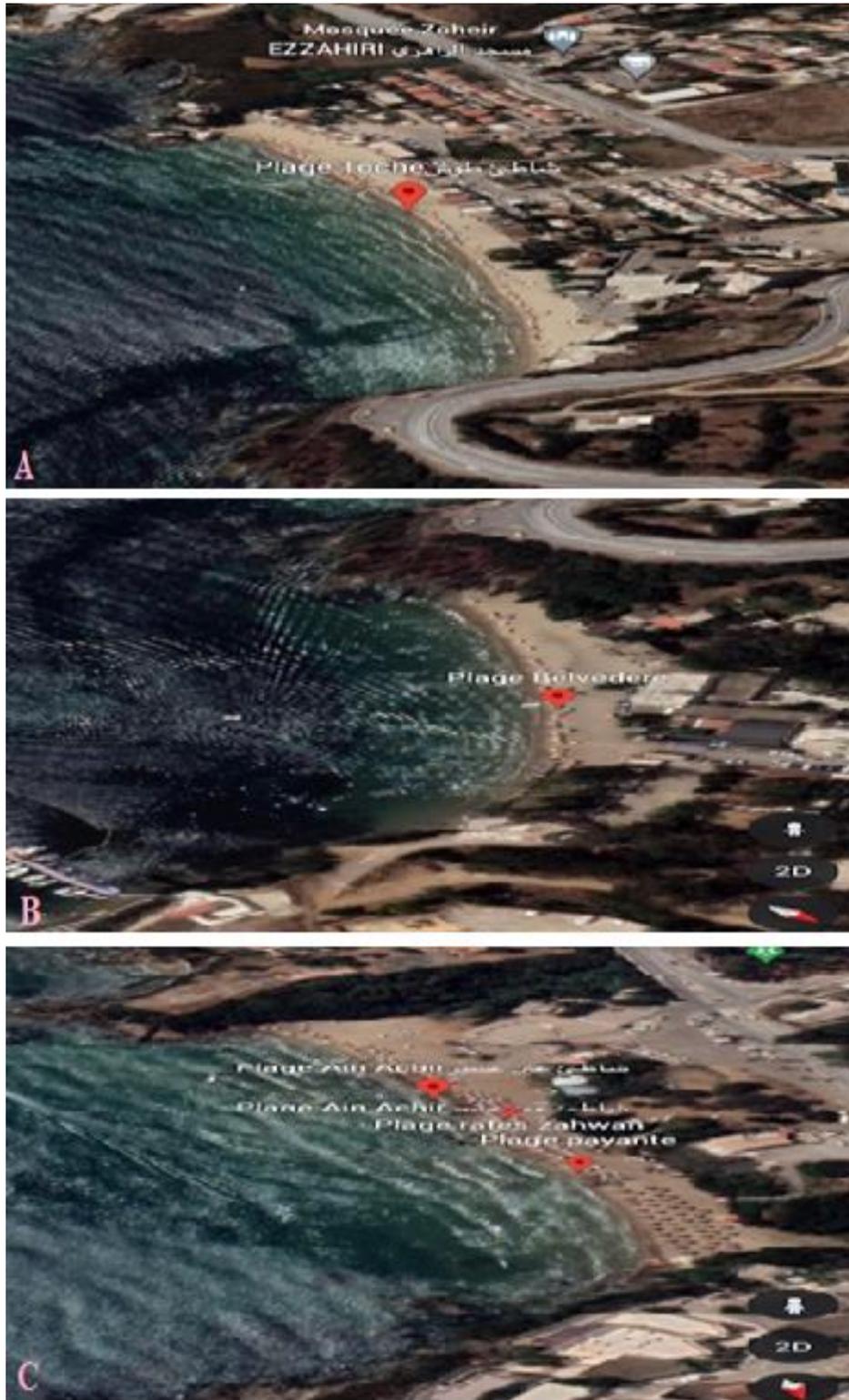


Figure 5: Vue satellitaire de la plage Refes Zahouane (ex.Toche) (A), Commune d'Annaba, Latitude: $36^{\circ}56'38''N$, Longitude: $7^{\circ}45'58''E$, Longueur : 583m, Largeur:7m, de la plage Belvédère (B), Commune d'Annaba, Latitude : $36^{\circ}56'49''N$, Longitude: $7^{\circ}46'07''E$, Longueur: 586m, Largeur:17m, et (C) Ain Achir, Commune d'Annaba, Latitude: $36^{\circ}57'25''N$, Longitude: $7^{\circ}46'49''E$, Longueur: 824m, Largeur: 19cm (google earth 2022).

2.2. Méthodes de prélèvement:

2.2.1. Méthode générale de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP):

- **Principe:** Cette méthode est une estimation du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (loi de Poisson). Dans ce type de méthode, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide. En cas de présence, l'ensemble du milieu liquide inoculé vire à la « positivité » (trouble ou virage de l'indicateur). Un jugement quantitatif est possible en jouant sur le volume de la prise d'essai.

- Méthodologie:

- On ensemence des dilutions successives de l'eau à analyser (par ex. 1, 0.1, 0.01) à raison de 3 à 5 tubes de milieu de culture liquide par dilution (jusqu'à 96 puits en cas de manipulation en micro plaque).

- On notera le nombre de tubes inoculés présentant une culture visible indiquant la présence d'au moins un micro-organisme.

- La méthode est quantique (absence ou présence de culture+++) et non pas de type énumératif (comptage de colonies).

- Il doit être tenu compte que si l'absence de culture correspond à l'absence de micro-organisme, plus d'un micro-organisme peut être responsable d'une culture positive.

- Les tables de Mc Grady (Tab. 3), en fonction du nombre caractéristique (nombre de puits positifs pour chaque dilution) indiquent la valeur statistiquement la plus probable et son intervalle de confiance).
- En pratique, par la suite de l'utilisation de milieux sélectifs ou d'une réaction biochimique spécifique, on peut mettre en évidence la présence ou l'absence d'une bactérie appartenant à un groupe particulier: coliforme, streptocoques fécaux, Entérocoques, *Escherichia coli*, etc.

- **Systèmes d'ensemencement:** 3 tubes sont ensemencés avec chacun 10 ml d'eau, 3 autres avec chacun 1 ml d'eau, 3 autres avec 0.1 ml d'eau.

- **Lecture des résultats:** la période d'incubation terminée, on dénombre dans chaque série le nombre de tubes positifs. Les éventualités les plus courantes sont indiquées dans les tables. Pour chacune de ces éventualités sont indiqués le nombre le plus probable (NPP) de germes contenus dans 100ml de l'échantillon analysé.

- **Recherche et dénombrement des germes tests de contamination fécale: dosimétrie:** Les indicateurs de contamination fécale permettent d'apprécier le risque d'une contamination

par les matières fécales pouvant véhiculer des microorganismes pathogènes. Ces indicateurs sont: les Coliformes totaux; les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux.

2.2.1.1. Dénombrement des coliformes:

-Principe de la dosimétrie consiste à déceler et à dénombrer les germes coliformes et parmi eux *E. coli* qui a une origine fécale certaine et unique.

Elle comporte deux étapes:

1. Recherche présomptive: CT (*klebsiella, E. coli serratia citrobacter aerobacteris*)
2. Recherche confirmative: CF (représentés par *E. coli*)

2.2.2. Méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation de tubes en milieux liquides:

- **Principe:** on recherche des CT basée sur la propriété commune au coliformes; la fermentation du lactose (jaune) avec production de gaz.

Repiquage : recherche des CF, repiquer les tubes positifs sur un milieu sélectif liquide contenant des sels biliaires ou des agents de surface, incubés soit à 37 °C soit à 44°C pour le dénombrement de coliformes ou de coliformes fécaux respectivement et en outre sur un milieu contenant du tryptophane pour mettre en évidence la production d'indole à partir du tryptophane à 44°C par les *E. coli* présumés. La détermination du nombre caractéristique (nombre de tubes positifs pour chaque dilution) permettra l'établissement du nombre le plus probable de coliformes.

- Mode opératoire:

Première étape: inoculation

- Inoculer un des deux milieux (BCPL).
- Agiter pour homogénéiser sans faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham, et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures. Procéder à une première lecture après cette incubation.
- Considérer comme positifs les tubes où il se produit simultanément un trouble dans toute la masse liquide et un dégagement de gaz dans la cloche.

Deuxième étape: repiquage sur milieu de confirmation sélectif

On utilise le bouillon lactosé bilié au vert brillant (VBL) et de l'eau peptonée exempte d'indole. Chacun des milieux positifs de la première étape est repiqué avec une anse bouchée ou une pipette pasteur, dans un tube de bouillon lactosé bilié au vert brillant pour incubation à 37 °C, en vue du dénombrement de ce coliforme, et éventuellement un second tube de ce milieu ainsi qu'un tube d'eau peptonée, pour incubation à 44°C, si l'on veut dénombrer des coliformes fécaux et les *E. coli* présumés.

Après une incubation appropriée, on procède à la 24^{ème} heure, puis la 48^{ème} heure, à la lecture des tubes positifs permettant de calculer le NPP.

Sont considérés comme positifs, les tubes au vert brillant où se manifeste une croissance bactérienne et un dégagement de gaz dans la cloche ; les tubes d'eau peptonée ou l'addition de 1 l de Kovacs donne naissance à une coloration rouge.

Les NPP sont calculés:

- Pour les coliformes, dits coliformes totaux, sur les tubes de bouillon lactosé bilié au vert brillant, incubés à 37 °C.
- Pour les coliformes fécaux sur les tubes de milieux lactosés biliés au vert brillant incubés à 44°C.
- Pour les E.coli présumés, sur les tubes de milieux présumptif dont les repiquages sur milieu lactosé bilié au vert brillant et sur eau peptonée, incubés l'un et l'autre à 44 °C, sont simultanément positifs.

- Expression des résultats:

Les résultats sont exprimés sous la forme: nombre le plus probable de coliformes, coliformes fécaux, E. coli présumés par 100ml (Fig. 6).

Rq: E coli (coliforme thermo tolérant indologène).

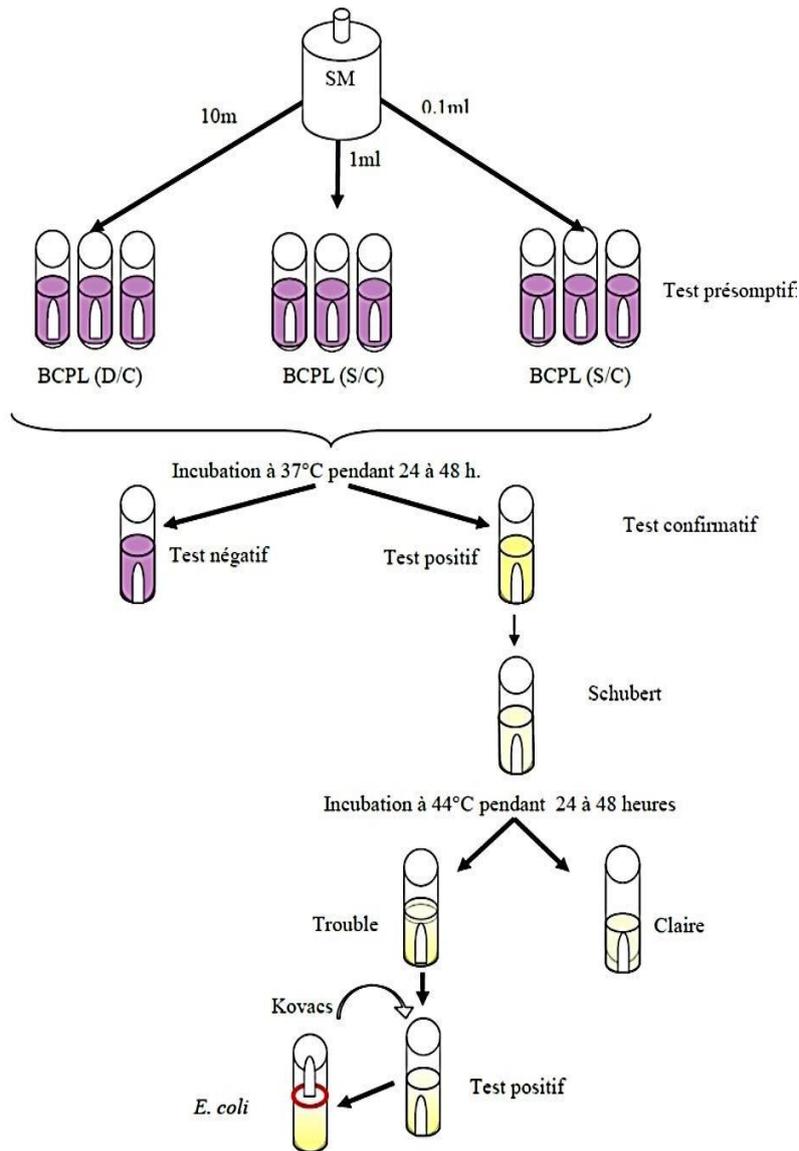


Figure6: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermo tolérantes (Lebres et Mouffok, 2008)

2.2.2.2. Dénombrement des streptocoques fécaux ou enterococcus:

- Classification. Intérêt et modalités de leur recherche

Sous la dénomination générale de « streptocoques fécaux », il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de lancefield, c'est-à-dire essentiellement: *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. Les dénombrements des streptocoques fécaux présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes fécaux présumés. Les méthodes sont analogues pour ces deux types d'indicateurs et seuls les milieux diffèrent.

Méthode par ensemencement en milieu liquide pour détermination du NPP:

- Principe:

Les principes généraux de cette méthode sont ceux décrits dans l'exposé de la colimétrie en milieux liquides. Cependant alors que le tube primaire contient déjà une certaine quantité d'azide de sodium, le repiquage des tubes positifs sur un milieu nettement plus inhibiteur (plus forte concentration en azide de sodium et présence d'éthyl violet), ne laisse se développer que les streptocoques fécaux.

- Mode opératoire:

- Test présomptif:

- On ensemence le nombre choisi de tubes de milieu de Rothe (constituant les tubes primaires), en utilisant soit du milieu à double concentration (pour les ensemencements de 10) soit du milieu à simple concentration (pour les ensemencements de 1 ml d'eau ou de sa dilution 0.1ml).

- On veille à ce qu'aucune évaporation ne se soit produite dans le milieu depuis sa préparation, car celle-ci entraînerait une concentration des produits inhibiteurs.

- On homogénéise soigneusement, par agitation, le contenu des tubes ; s'assurer une fois celle-ci terminée que la teinte du bouillon est uniforme en haut et en bas du tube, de façon à ce que la concentration en inhibiteur soit identique en tous points.

- On incube les tubes à 37°C et les examiner après 24 et 48 h. les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif.

-Test confirmatif: recherche des streptocoques du groupe D

- Après agitation des tubes positifs, prélever sur chacun d'eux successivement 3 anses bouclées (de 3 mm de diamètre) ou quelques gouttes de pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu d'EVA Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium. Incuber à 37°C pendant 24h. L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un streptocoque fécal. Parfois, la lecture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

- **Expression des résultats:** Les résultats de dénombrement de streptocoques fécaux sont exprimés comme ceux d'E. coli en nombre de germes par 100 ml (Fig. 7). Le matériel de laboratoire utilisé est représenté dans la figure 8.

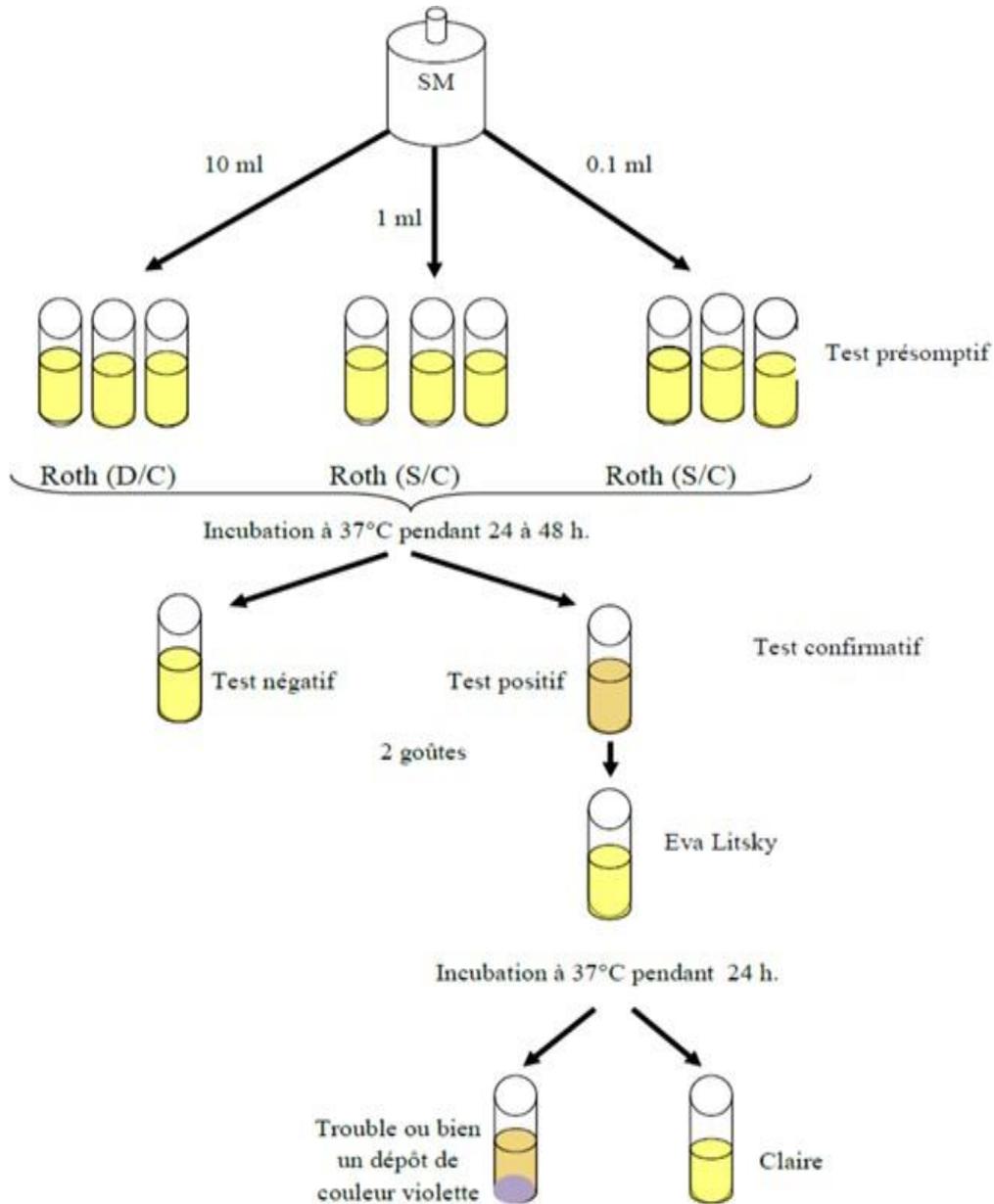


Figure7: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (Labres et Mouffok, 2008).



Figure 8: Matériels utilisé pour l'analyse bactériologique d'eaux mer provenant des plages de la wilaya d'Annaba(photos originales): (A) Échantillons (pour effectuer les analyses et évaluer la qualité de l'eau), (B) Bec Bunsen (pour chauffer les échantillons et réaliser des réactions chimiques), (C) Tubes BCPL avec cloche (pour effectuer des cultures microbiennes - la détection des bactéries coliformes dans l'eau), (D) Tubes ROTHE S/C (pour la détection des bactéries coliformes, notamment *E. coli*), (E) Pipettes pasteur (pour les manipulations microbiologiques), (F) Eau peptonée (pour la croissance et l'entretien de divers micro-organismes), (G) Bouillon de VBL avec cloche (pour la détection et l'enrichissement sélectif des bactéries coliformes dans les échantillons d'eau), (H) Bouillon Eva Litsky (pour l'isolement et la détection de bactéries du genre *Salmonella*), (I) Réactifs Kovacs (pour identifier la présence de bactéries telles que *E. coli*), (J) Gélose viande foie (pour la croissance des bactéries), (K) Additifs sulfites de sodium - alun de fer (pour éliminer les impuretés et désinfecter l'eau - pour la clarification et la coagulation des particules en suspension), (L) bain marie (pour chauffer ou maintenir des échantillons ou des solutions à une température spécifique).

3. Résultats

3.1. Résultats des analyses microbiologiques

Le classement des sites de baignade est effectué à partir du dénombrement des bactéries indicatrices présentes dans 100 ml d'échantillon d'eau. Le classement d'un site est réalisé à la fin de chaque saison de baignade en se basant sur les données de la saison écoulée (AFSSE, 2004).

L'interprétation des résultats des analyses bactériologiques repose sur une comparaison simple entre les valeurs obtenues et les valeurs guides requises pour les eaux de baignade, telles que proposées par la réglementation algérienne en vigueur. Les exigences réglementaires sont définies dans le décret exécutif n°93-164 du 10 Juillet 1993, qui définit la qualité requise des eaux de baignade (Tab. 01).

Lorsque la qualité des eaux de baignade ne satisfait pas aux paramètres prévus dans les décrets, le wali territorialement compétent interdit la baignade en raison de la pollution (JORA, 1993).

Tableau 1: Normes Algériennes de la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de baignades (JORA, 1993).

Paramètres	Unités	Valeurs guides	Valeurs limites
Microbiologie			
Coliformes totaux	/100ml	500	10.000
Coliformes fécaux	/100ml	100	2.000
Streptocoques	/100ml	100	-
Salmonelles	1L	-	0
Physicochimie			
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur
pH	-	-	6-8

Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité. Les eaux dont les concentrations se situent entre les valeurs guides et les valeurs limites sont considérées comme de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue. Au-delà de ces valeurs, les eaux sont considérées comme contaminées (Tab. 2).

Tableau 2. Valeurs seuils et classes de qualité pour l'eau de baignade (bactéries dans 100 ml d'eau (JORA ,1993)

Type de bactérie	Qualité		
	Bonne	Acceptable	Mauvaise
Coliformes totaux	<500	500et 10.000	>10.000
Coliformes fécaux	<100	100et 2.000	>2.000
Streptocoques fécaux	<100	100	>100
Salmonelles	Absence		Présence

3.2. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rezgui Rachid (ex. Saint Cloud) en 2022.

En hiver 2022, les eaux de baignade présentaient une concentration de 3 CT / 100 ml sans CF, tandis que les SF dépassaient 499 unités dans les 100 ml d'eau. Ces valeurs varient très peu au printemps, avec des concentrations de CT passant à 15 en l'absence de CF, tandis que les SF atteignent un maximum de 973 bactéries / 100 ml d'eau. En été et en automne, les valeurs de CT et de CF évoluent légèrement, avec respectivement 5 et 2 germes / 100 ml d'eau. En revanche, les SF passent de 330 en été à 560 unités en automne (**Fig. 9**).

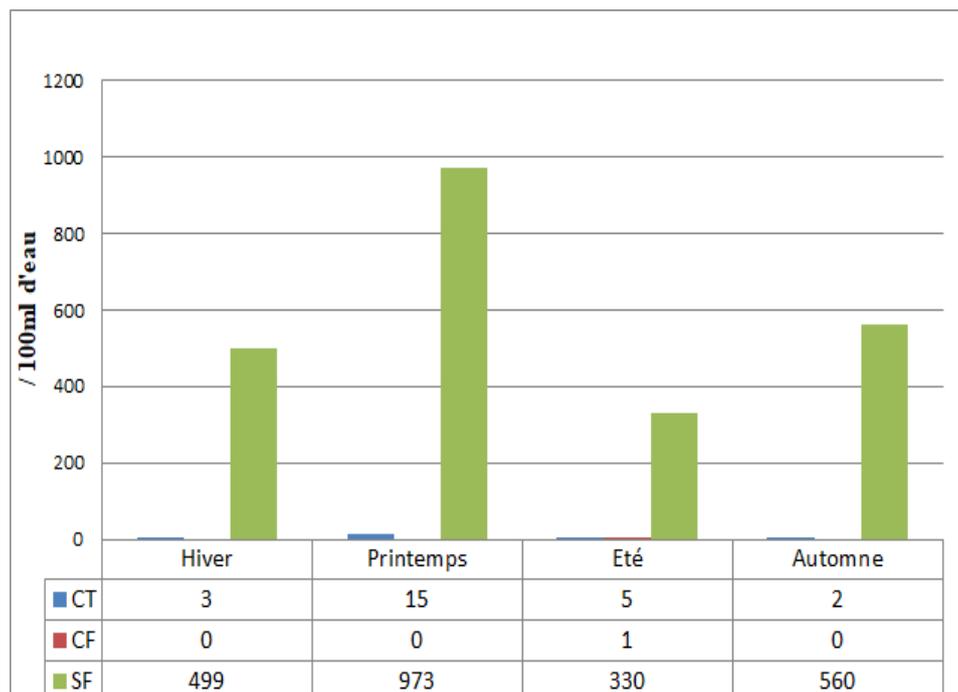


Figure 9: Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rezgui Rachid (ex Saint cloud) en 2022.

3.3. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rizzi Amor (ex. Chapuis) en 2022.

En hiver 2022, les eaux de baignade présentaient 4 CT / 100 ml sans CF, tandis que les SF dépassaient 359 unités dans les 100 ml d'eau. Ces valeurs varient très peu au printemps, avec des concentrations de CT passant à 7 toujours en l'absence de CF, tandis que les SF atteignent un maximum de 357 bactéries / 100 ml d'eau. En été et en automne, les valeurs de CT et de CF restent les mêmes, avec 6 germes / 100 ml d'eau. En revanche, les SF passent de 449 en été à 776 unités en automne (**Fig. 10**).

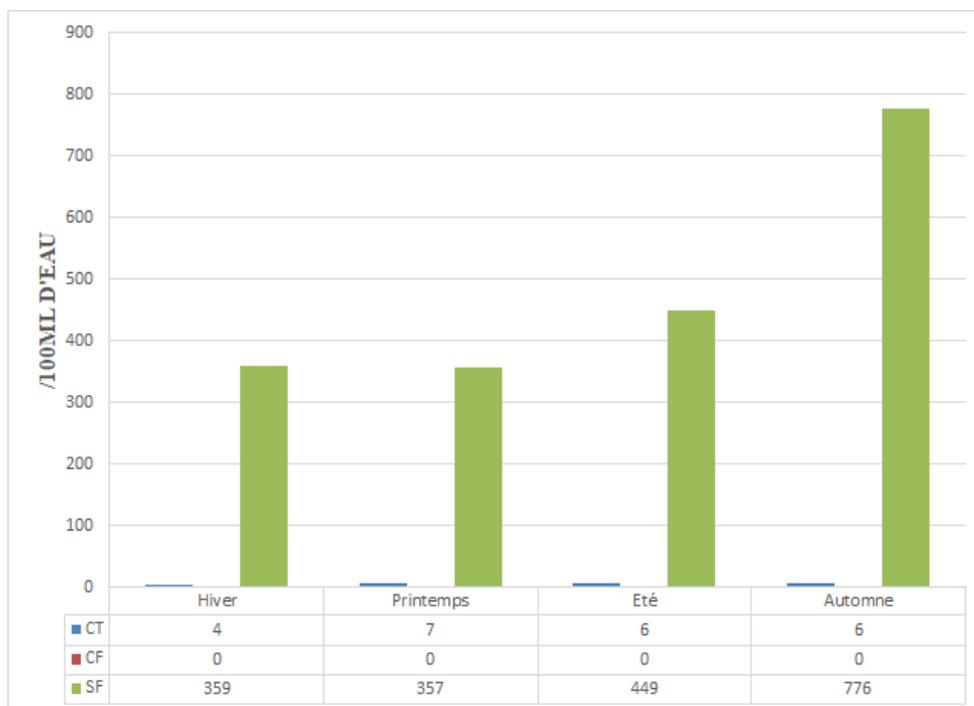


Figure 10: Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Rizzi Amor (ex. Chapuis) en 2022.

3.4. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage La Caroubé en 2022.

Les eaux de baignade présentaient 5 CT / 100 ml en hiver 2022, sans CF, tandis que les SF dépassaient 526 unités dans les 100 ml d'eau. Ces valeurs varient très peu au printemps, avec des concentrations de CT qui diminuent à 2 toujours en l'absence de CF, tandis que les SF diminuent à 91 bactéries / 100 ml d'eau. En été et en automne, les valeurs de CT et de CF évoluent légèrement, avec respectivement 3 et 4 germes / 100 ml d'eau. En revanche, les SF passent de 423 en été à 387 unités en automne (**Fig. 11**).

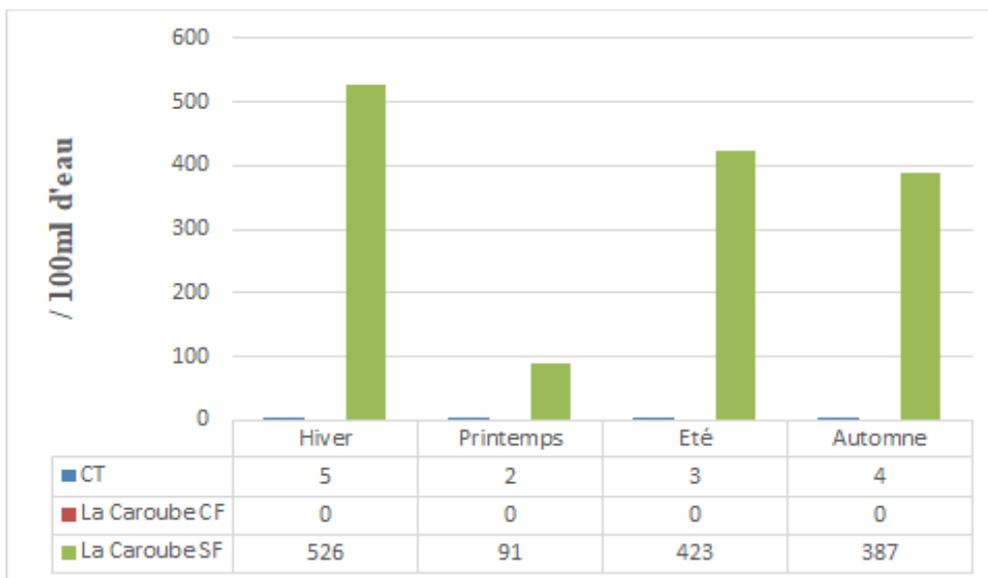


Figure 11: Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage la caroube en 2022.

3.5. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Refes Zahouane (ex. Toche) en 2022.

En hiver 2022, les eaux de baignade présentaient une absence de coliformes totaux et de coliformes fécaux / 100 ml, tandis que les streptocoques fécaux dépassaient 127 unités dans les 100 ml d'eau. Ces valeurs varient très peu au printemps, avec des concentrations de CT passant à 4 toujours en l'absence de CF, tandis que les SF atteignent un maximum de 201 bactéries / 100 ml d'eau. En été et en automne, les valeurs de CT et de CF évoluent légèrement, avec respectivement 3 et 1 germes / 100 ml d'eau. En revanche, les SF passent de 34 en été à 49 unités en automne (**Fig. 12**).

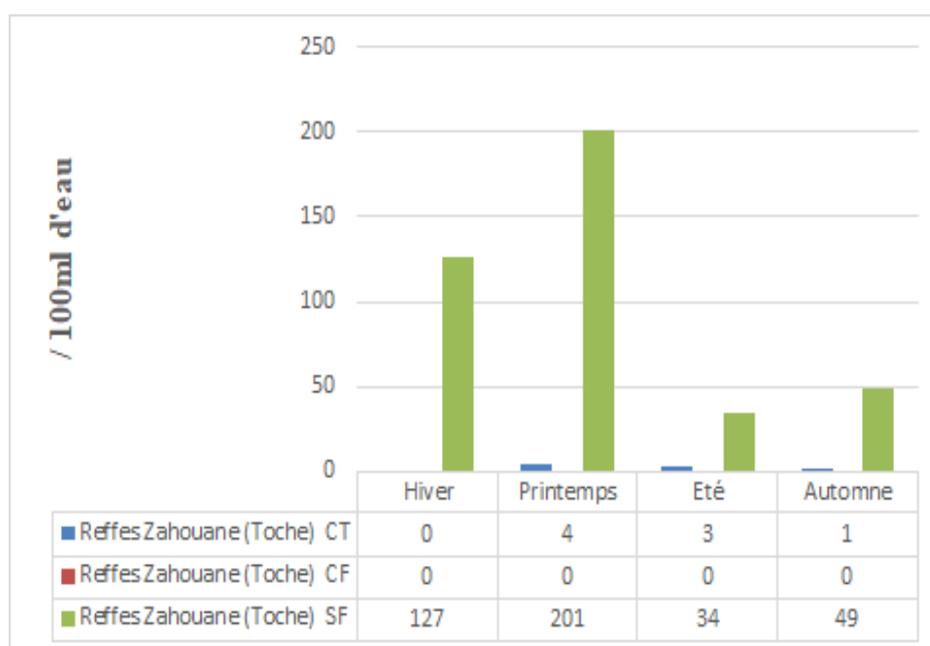


Figure 12: Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Refes zahouane (ex Toche) en 2022.

3.6. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Belvédère en 2022.

En hiver 2022, les eaux de baignade présentaient l'absence de CT et de CF / 100 ml, tandis que les SF dépassaient 25 unités dans les 100 ml d'eau. Ces valeurs varient très peu au printemps, avec des concentrations de CT passant à 1 toujours en l'absence de CF, tandis que les SF augmentent pour atteindre 31 bactéries / 100 ml d'eau. En été et en automne, les valeurs de CT et de CF restent les mêmes, avec 1 germe / 100 ml d'eau. En revanche, les SF passent de 109 en été à 245 unités en automne (**Fig. 13**).

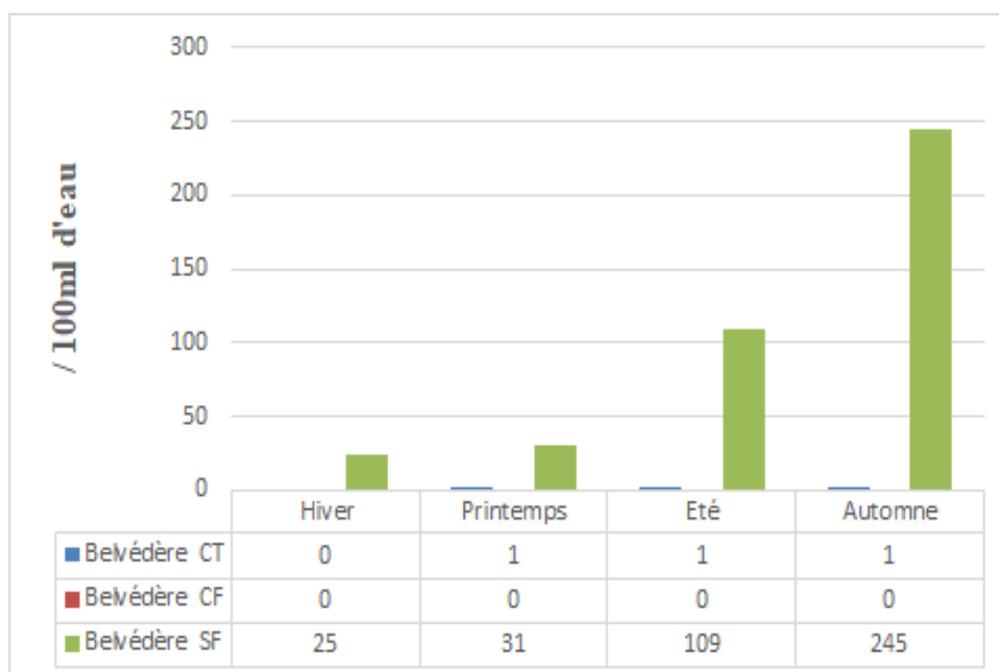


Figure 13: Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Belvédère en 2022.

3.7. Qualités bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Ain Achir en 2022.

En hiver 2022, les eaux de baignade contenaient 2 coliformes totaux / 100 ml sans coliformes fécaux, tandis que les streptocoques fécaux dépassaient 99 unités dans les 100 ml d'eau. Ces valeurs varient très peu au printemps, avec des concentrations de CT passant à 4 toujours en l'absence de CF, tandis que les SF diminuent à 15 bactéries / 100 ml d'eau. En été et en automne, les valeurs de CT et de CF évoluent légèrement, avec respectivement 1 et 2 germes / 100 ml d'eau. En revanche, les SF passent de 329 en été à 99 unités en automne (**Fig. 14**).

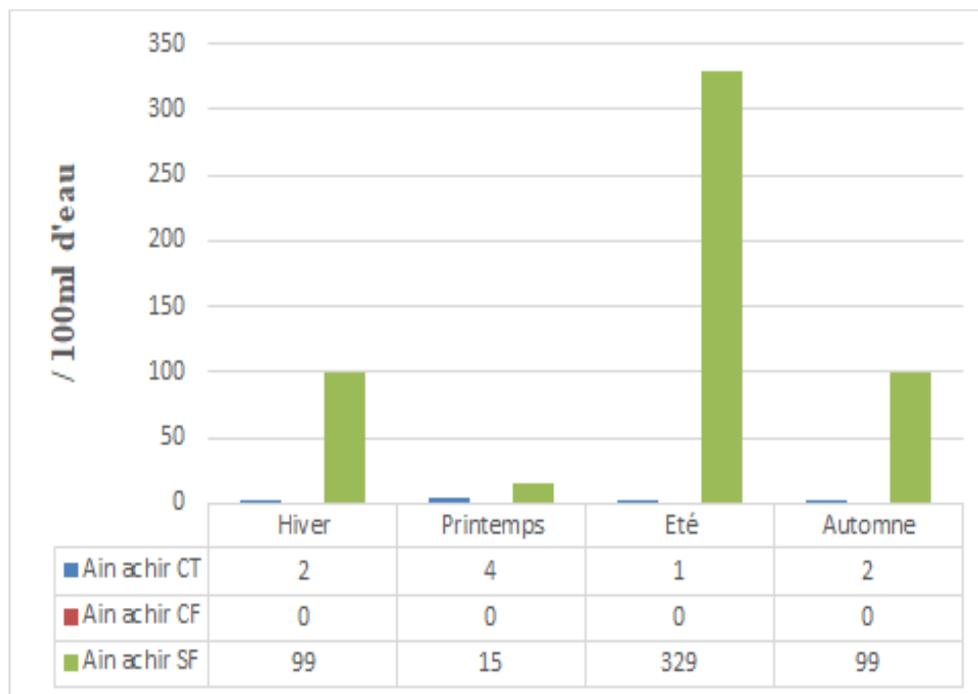


Figure 14: Représentation des variations des concentrations bactériologiques saisonnières des eaux de la plage Ain Achir en 2022.

Discussion

- Concernant les niveaux de contamination par les coliformes totaux et les coliformes fécaux:

Plage Rezgui Rachid (Saint Cloud): Une faible concentration de coliformes totaux, inférieure aux normes, a été observée. Les niveaux varient entre 2 et 15 germes CT répartis selon les saisons, avec 15 germes au printemps, 5 germes en été, 3 germes en hiver et 2 germes en automne. Un seul germe de coliformes fécaux a été détecté pendant l'été.

Plage Rizzi Amor (Chapuis): Une faible concentration de coliformes totaux, inférieure aux normes, a été observée. Les niveaux varient entre 4 et 7 germes CT, répartis selon les saisons, avec 7 germes au printemps, 6 germes en été et en automne, et 4 germes en hiver. Aucune présence de coliformes fécaux n'a été observée dans les quatre saisons.

Plage La Caroube : Une faible concentration de coliformes totaux, inférieure aux normes, a été observée. Les niveaux varient entre 2 et 5 germes CT, répartis selon les saisons, avec 5 germes en hiver, 4 germes en automne, 3 germes en été et 2 germes au printemps. Aucune présence de coliformes fécaux n'a été observée dans les quatre saisons.

Plage Reffes Zahouane (Toche): Une faible concentration de coliformes totaux, inférieure aux normes, a été observée. Les niveaux varient entre 0 et 4 germes CT, répartis selon les saisons, avec 0 germes en hiver, 4 germes au printemps, 3 germes en été et 1 germe en automne. Aucune présence de coliformes fécaux n'a été observée dans les quatre saisons.

Plage Belvédère : Une concentration très faible de coliformes totaux, inférieure aux normes, a été observée. Les niveaux varient entre 0 et 1 germe CT, avec 0 germe en hiver et 1 germe au printemps, en été et en automne. Aucune présence de coliformes fécaux n'a été observée dans les quatre saisons.

Plage Ain Achir: Une faible concentration de coliformes totaux, inférieure aux normes, a été observée. Les niveaux varient entre 1 et 4 germes CT, avec 4 germes au printemps, 2 germes en été, automne et hiver, et 1 germe en été. Aucune présence de coliformes fécaux n'a été observée dans les quatre saisons.

Les résultats montrent que les niveaux de contamination par les coliformes totaux et les coliformes fécaux sont tous inférieurs aux normes algériennes. Les valeurs mesurées ne dépassent pas les seuils respectifs de 500 et 100 bactéries/100 ml, qui sont les guides de qualité établis. Les faibles concentrations de coliformes totaux et de coliformes fécaux peuvent s'expliquer par la sensibilité de ces microorganismes à l'eau de mer et par le concept traditionnel d'autoépuration qui a longtemps été considéré. La température et la diminution de

l'intensité lumineuse sont généralement citées comme les principaux facteurs responsables de la réduction des populations bactériennes en milieu marin, bien que d'autres facteurs défavorables tels que la salinité, les carences en éléments nutritifs, la sédimentation et l'antibiose puissent également jouer un rôle.

➤ Concernant les niveaux de contamination par les streptocoques fécaux:

Plage Rezgui Rachid (Saint Cloud): Une concentration élevée de streptocoques fécaux a été observée, dépassant les normes établies. Les niveaux varient entre 330 et 973 germes, avec 973 germes au printemps, 560 germes en automne, 499 germes en hiver et 330 germes en été. Cette plage est considérée comme peu propice à la baignade.

Plage Rizzi Amor (Chapuis): Une concentration élevée de streptocoques fécaux a été détectée, dépassant les normes. Les niveaux varient entre 357 et 776 germes, avec 776 germes en automne, 449 germes en été, 359 germes en hiver et 357 germes au printemps. Cette plage est considérée comme peu propice à la baignade.

Plage La Caroube: La concentration de streptocoques fécaux varie entre 91 et 526 germes, dépassant les normes dans trois saisons. En hiver, on observe 526 germes, en été 423 germes et en automne 387 germes. Cette plage est considérée comme peu propice à la baignade. Au printemps, la concentration de 91 germes est inférieure aux normes, permettant une baignade autorisée.

Plage Refes Zahouane (Toche): La concentration de streptocoques fécaux varie entre 34 et 201 germes, dépassant les normes au printemps avec 201 germes et en hiver avec 127 germes. Cela indique que cette plage est peu propice à la baignade. En automne, la concentration est de 49 germes et en été de 34 germes, ce qui est inférieur aux normes, permettant une baignade autorisée.

Plage Belvédère: La concentration de streptocoques fécaux varie entre 25 et 245 germes, dépassant les normes en automne avec 245 germes et en été avec 109 germes. Cela signifie que cette plage est peu propice à la baignade. En revanche, au printemps avec 31 germes et en hiver avec 25 germes, la concentration est inférieure aux normes, permettant une baignade autorisée.

Plage Ain Achir: La concentration de streptocoques fécaux varie entre 15 et 329 germes, dépassant les normes en été avec 329 germes. Cela indique que cette plage est peu propice à la baignade. En automne et en hiver, la concentration est de 99 germes, tandis qu'au printemps elle est de 15 germes, ce qui est inférieur aux normes, permettant une baignade autorisée.

L'analyse bactériologique des eaux du littoral d'Annaba révèle une contamination significative par les streptocoques fécaux, des germes connus pour leur résistance en milieu marin. Les valeurs obtenues dépassent les normes établies par l'Algérie, dépassant la limite de 100 bactéries/100 ml. Cette forte présence de streptocoques fécaux est généralement le résultat d'une contamination récente d'origine fécale, principalement causée par les excréments d'oiseaux, de chiens, d'animaux d'élevage et d'origine humaine. Cela peut provenir de systèmes d'assainissement défectueux ou d'activités de loisirs non réglementées, ainsi que de l'effet du ruissellement, qui est un autre facteur à prendre en compte. Lorsqu'il pleut, les matières fécales présentes sur les sols contaminés par les excréments d'animaux ou d'humains peuvent se retrouver dans l'eau. Il est donc crucial de mettre en place des mesures de gestion appropriées pour réduire cette contamination et préserver la santé publique.

La présence élevée de streptocoques fécaux dans les eaux de baignade est préoccupante car elle peut présenter des risques pour la santé publique. Ces germes peuvent causer des infections, y compris des infections urinaires, des infections de la peau et des tissus mous, voire des infections plus graves dans certains cas. Pour remédier à cette situation, il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de gestion appropriées. Cela peut inclure l'amélioration des systèmes d'assainissement pour éviter les fuites et les débordements, l'établissement de zones de baignade réglementées et la sensibilisation du public à l'importance de préserver la qualité de l'eau. De plus, il peut être nécessaire d'effectuer des tests réguliers de la qualité de l'eau pour surveiller la présence de streptocoques fécaux et prendre des mesures correctives en cas de dépassement des valeurs guides établies.

Les résultats obtenus par Hidouci *et al.*, (2018) en 2006 et 2007 sont en accord avec nos résultats concernant les trois types de germes (coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux) par rapport aux valeurs guides établies par les normes algériennes. Les concentrations des coliformes totaux varient entre 0 et 93/100 ml, les concentrations des coliformes fécaux varient entre 0 et 43, tandis que les concentrations des streptocoques fécaux dépassent 1400/100 ml.

Conclusion

Les résultats des analyses bactériologiques saisonnières des eaux des plages étudiées à Annaba en 2022 montrent une présence variable et faible de contaminants microbiologiques, notamment les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Les concentrations de ces bactéries dépassent souvent les normes établies, ce qui soulève des préoccupations quant à la qualité de l'eau de baignade et à la sécurité des baigneurs.

Les plages de Rezgui Rachid (ex. Saint Cloud), Rizzi Amor (ex. Chapuis) et La Caroube présentent des concentrations élevées de streptocoques fécaux, dépassant les normes dans certaines saisons. Cela indique une contamination récente d'origine fécale, susceptible de présenter des risques pour la santé publique. La plage de Refes Zahouane (ex. Toche) montre également des niveaux élevés de streptocoques fécaux, bien que les concentrations soient légèrement inférieures aux normes dans certaines saisons.

La plage de Belvédère et la plage d'Ain Achir présentent des concentrations variables de streptocoques fécaux, avec des valeurs dépassant les normes en été et en automne, tandis que les concentrations sont inférieures aux normes au printemps et en hiver. Cela suggère une fluctuation saisonnière de la contamination et souligne la nécessité de surveiller attentivement la qualité de l'eau dans ces plages.

Dans l'ensemble, ces résultats soulignent l'importance de mettre en place des mesures de gestion appropriées pour réduire la contamination bactériologique des eaux de baignade. Cela peut inclure l'amélioration des systèmes d'assainissement, la sensibilisation du public à l'hygiène et à la préservation de l'environnement, ainsi que des tests réguliers de la qualité de l'eau pour assurer la sécurité des baigneurs.

Il est essentiel de souligner que les résultats présentés ici sont spécifiques à l'année 2022 et peuvent varier d'une année à l'autre en fonction de différents facteurs environnementaux et humains. Par conséquent, il est recommandé de continuer à surveiller la qualité de l'eau des plages et d'adapter les mesures de gestion en conséquence pour assurer des conditions de baignade sûres et saines.

Résumé

L'étude des qualités bactériologique et physico-chimique des eaux des principales plages de baignade d'Annaba a été réalisée en 2022. Nos résultats saisonniers dans les plages étudiées mettent en évidence une présence variable de contaminants microbiologiques tels que les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Ces bactéries dépassent fréquemment les normes établies, ce qui soulève des inquiétudes concernant la qualité de l'eau de baignade et la sécurité des baigneurs.

Les plages de Rezgui Rachid (ex. Saint Cloud), Rizzi Amor (ex. Chapuis) et La Caroube présentent des concentrations élevées de streptocoques fécaux, dépassant les normes pendant certaines saisons. Cela indique une contamination récente d'origine fécale, pouvant représenter des risques pour la santé publique. La plage de Refes Zahouane (ex. Toche) présente également des niveaux élevés de streptocoques fécaux, bien que les concentrations soient légèrement inférieures aux normes durant certaines saisons.

La plage de Belvédère et la plage d'Ain Achir montrent des concentrations variables de streptocoques fécaux, avec des valeurs dépassant les normes en été et en automne, tandis que les concentrations sont inférieures aux normes au printemps et en hiver. Cela suggère une fluctuation saisonnière de la contamination, soulignant la nécessité d'une surveillance attentive de la qualité de l'eau dans ces plages.

Ces résultats soulignent l'importance de mettre en place des mesures de gestion appropriées pour réduire la contamination bactériologique des eaux de baignade. Cela peut impliquer l'amélioration des systèmes d'assainissement, la sensibilisation du public à l'hygiène et à la préservation de l'environnement, ainsi que des tests réguliers de la qualité de l'eau pour garantir la sécurité des baigneurs.

Il est essentiel de noter que ces résultats sont spécifiques à l'année 2022 et peuvent varier d'une année à l'autre en fonction de divers facteurs environnementaux et humains. Par conséquent, il est recommandé de continuer à surveiller la qualité de l'eau des plages et d'adapter les mesures de gestion en conséquence afin d'assurer des conditions de baignade sûres et saines.

Mots clés : eaux de baignade, qualité de l'eau, contamination bactériologique

Summary

The study of the bacteriological and physico-chemical qualities of the waters of the main bathing beaches of Annaba was carried out in 2022. Our seasonal results on the beaches studied show a variable presence of microbiological contaminants such as total coliforms, fecal coliform bacteria and streptococci. These bacteria frequently exceed established standards, raising concerns about bathing water quality and bather safety.

The beaches of Rezgui Rachid (ex. Saint Cloud), Rizzi Amor (ex. Chapuis) and La Caroube have high concentrations of faecal streptococci, exceeding standards in certain seasons. This indicates recent contamination of faecal origin, which may represent risks for public health. The beach at Refes Zahouane (ex. Toche) also has high levels of fecal streptococci, although concentrations are slightly lower than the norm in certain seasons.

Belvedere Beach and Ain Achir Beach have varying concentrations of fecal streptococci, with values above standards in summer and autumn, while concentrations are below standards in spring and winter. This suggests a seasonal fluctuation in contamination, highlighting the need for careful monitoring of water quality at these beaches.

These results highlight the importance of implementing appropriate management measures to reduce bacteriological contamination of bathing waters. This may involve improving sanitation systems, raising public awareness of hygiene and environmental preservation, and regular water quality testing to ensure the safety of bathers.

It is essential to note that these results are specific to the year 2022 and may vary from year to year depending on various environmental and human factors. Therefore, it is recommended to continue monitoring the water quality of the beaches and to adapt the management measures accordingly in order to ensure safe and healthy bathing conditions.

Keywords: bathing water, water quality, bacteriological contamination.

الملخص

أجريت دراسة الصفات البكتريولوجية والفيزيائية الكيميائية لمياه شواطئ الاستحمام الرئيسية في عنابة في عام 2022. أظهرت نتائجنا الموسمية في دراسة الشواطئ وجودًا متغيرًا للملوثات الميكروبيولوجية مثل القولونيات الكلية، القولونيات البرازية والبكتيريا البرازية. العقديات. غالبًا ما تتجاوز هذه البكتيريا المعايير المعمول بها، مما يثير مخاوف بشأن جودة مياه الاستحمام وسلامة الاستحمام.

تحتوي شواطئ رزقي رشيد (سانكلو) وريزي عمر (شابي) والخروبة على تركيزات عالية من العقديات البرازية، تتجاوز المعايير خلال موسم معينة. يشير هذا إلى تلوث حديث من أصل برازي، والذي قد يمثل مخاطر على الصحة العامة. كما يحتوي شاطئ رفاص زهوان (طوش) على مستويات عالية من العقديات البرازية، على الرغم من أن التركيزات أقل قليلاً من المعتاد خلال موسم معينة.

يظهر شاطئ بلفيدير وشاطئ عين عشير تركيزات متغيرة من العقديات البرازية، مع قيم تتجاوز المعايير في الصيف والخريف، بينما تكون التركيزات أقل من المعايير في الربيع والشتاء. يشير هذا إلى تذبذب موسمي في التلوث، مما يبرز الحاجة إلى المراقبة الدقيقة لجودة المياه في هذه الشواطئ.

تسلط هذه النتائج الضوء على أهمية تنفيذ تدابير الإدارة المناسبة للحد من التلوث الجرثومي لمياه الاستحمام. قد يشمل ذلك تحسين أنظمة الصرف الصحي، وزيادة الوعي العام بالنظافة والحفاظ على البيئة، واختبار جودة المياه بانتظام لضمان سلامة المستحم.

من الضروري ملاحظة أن هذه النتائج خاصة بعام 2022 وقد تختلف من سنة إلى أخرى اعتمادًا على عوامل بيئية وبشرية مختلفة. لذلك، يوصى بمواصلة مراقبة جودة مياه الشواطئ وتكييف إجراءات الإدارة وفقًا لذلك من أجل ضمان ظروف استحمام آمنة وصحية.

الكلمات المفتاحية: مياه الاستحمام، نوعية المياه، التلوث الجرثومي

Annexe 1: Qualité requise des eaux de baignade (décret exécutif n°93-164 du 10 Juillet 1993) (JORA, 1993).

12		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 46		14 juillet 1993	
<p>Art. 4. — La fréquence minimale des prélèvements, le nombre minimal d'échantillons et d'analyses sont déterminés par arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement et des ministres concernés.</p> <p>Art. 5. — Lorsque la qualité des eaux de baignade ne satisfait pas aux paramètres prévues à l'annexe du présent décret, le wali territorialement compétent interdit la baignade pour cause de pollution.</p> <p>Art. 6. — L'agence nationale pour la protection de l'environnement (A.N.P.E) est chargée d'effectuer les</p>		<p>opérations de surveillance de la qualité des eaux de baignade et ce, en liaison avec les organismes et institutions concernés.</p> <p>Elle peut, à cet effet, faire appel à des laboratoires agréés conformément à la réglementation en vigueur, agissant sous sa direction et son contrôle.</p> <p>Art. 7. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger le, 10 juillet 1993.</p> <p>Bélaïd ABDESSELAM.</p>			
<p>ANNEXE</p> <p>QUALITE REQUISE DES EAUX DE BAINNADE</p>					
PARAMETRES	UNITES	VALEURS GUIDES	VALEURS LIMITES		
MICROBIOLOGIQUES					
1. Coliformes totaux	/ 100 ml	500	10.000		
2. Coliformes fécaux	/ 100 ml	100	2.000		
3. Streptocoques"	/ 100 ml	100	—		
4. Salmonelles	1 L	—	0		
5. Enterovirus	PFU / 10L	—	0		
6. Vibriion cholérique	/ 450 ml	—	0		
PHYSICO-CHIMIQUES					
7. Coloration	mg / l	—	Pas de changement anormal de la couleur		
8. Huiles minérales	mg / l	—	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur		
9. Substances tensio-actives réagissant au bleu de méthylène	mg / l Lauryl-sulfate	> 0,3	Pas de mousse persistante		
10. Phenols (indice phénol)	mg / l $C^6H^5O^4$	> 0,005	0,05 et aucune odeur spécifique		
11. Transparence	M	2	1		
12. Résidus goudronneux et matières flottantes (bois, plastique, bouteille et toute autre matière débris ou éclats)	—	—	Absence		
13. P.H	—	—	6-8		
14. Oxygène dissous	% Saturation en oxygène	—	80-120		
15. Autres substances	—	—	Ne doit pas contenir de substances susceptibles de nuire à la santé des baigneurs		
<p>1. Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité.</p> <p>2. Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue.</p>					

Annexe 2: Table NPP (Mac Grady)

Nombre de tubes donnant une repense positive			Indice NPP
3 tubes de 10ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0.1ml	
0	0	0	0
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	0	2	11
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	1	15
1	3	0	16
2	0	0	9
2	0	1	14
2	0	2	20
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	1	30
2	2	2	20
2	2	0	30
2	2	1	35
2	2	2	35
2	3	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
3	0	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	1	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	2	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	3	3	300
3	3	0	250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Références bibliographiques

AFSSE,2004. Analyse statistique des niveaux de risque et des seuils de qualité microbiologique des eaux de baignade proposés par le projet de révision de la directive76/160/CEE. 115P.

Aminot A, Chaussepied M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO.456P.

Aminot A, Kerouel R. 2004. Hydrologie des écosystèmes marins ; paramètres et analyse. Ifremer, Brest.336P.

AVRIL J.L, DABERNAT H, DENIS F, MONTEIL H. 1992. Bactériologie clinique, 2emeédition. 511P.

Baudart J, ServaisP,De Paoli H,HenryA, Lebaron P. 2009.Rapid enumeration of *Escherichia coli* nmarine bathing waters: potential in terferenceofnontarget bacteria,journalapplied of microbiology. 107, (6): 2054-2062.

Belle Mbou V, Vu Thien H, Thuilleux G, Ducou Le Pointe H. Grand d’Esnon A. A Coulomb.2010.Infectionà *Salmonella*entericasérotypetyphimuriumrévéleéparunemasserétroca ecalechezuneenfant âgéede8 ans. UFR de médecine Pierre-et-Marie-Curie.

BercheP, GaillardJ.L, SimonetM. 1994.**Bactéries** des infections humaines. Edition: FLAMMARION. Médecine Sciences Publications. France.661P.

Bouhayene S. 2015. Evaluation bactériologique des zones de baignade de la baie de Skikda (N.E. Algerien). Thèse doctorat en sciences de la mer.

Boumaza F.Z, 2014. Évaluation de l’état de santé des eaux du golfe d’Annaba à travers un mollusque gastéropode *Patella caerulea* (L., 1758) : paramètres écologiques et biochimiques. Thèse de doctorat LMD en biologie animale environnementale option physio-toxicologie, université badji mokhtar– Annaba.

Chedad K, Assobhei O. 2007. Etude de la survie des bactéries de contamination fécale dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune d'Oualidia (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie. 29: 71-9. de mer. 8ème édition DUNOD, 1432 pages

Evens E. 2004. Evaluation des risques sanitaires et ecotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers, Thèse de doctorat. INSA de Lyon. France.

FNH. 2006. Livret découverte, Objectif: Mer vivante !. 20P.

Forestiera E, Rémya V et al., 2007. Bactériémies à *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline : aspects épidémiologiques et thérapeutiques récents. La Revue de médecine interne 28, p 746-755.

Fraisse T, Lechiche C, Sotto A, Lavigne JP. 2008. Infections à *Aeromonas spp.* : Étude rétrospective de 1997 à 2004 au CHU de Nîmes. Laboratoire de bactériologie, virologie, parasitologie, groupe hospitalo-universitaire de Carémeau. France.

Galaf F et Ghannam S. 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin, chapitre: pollution biologique. Mém Ing d'Etat : Agronomie. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. Maroc. 40P.

Gaujous D. 1995. La pollution des milieux aquatiques aide-mémoire. 2ème édition. Revue et augmentée. Édition TEC et DOC/Lavoisier. Paris. 239P.

GESAMP (Groupe mixte d'expert OMI/FAO/OMM/OMS/AIEA/ONU/PNU) chargé d'étudier les aspects scientifiques de la pollution des mers) 1991. Rapport sur la vingt-et-unième session, Londres. Rapports et études GESAMP. N°44. 43 P.

Goita A. 2014. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention. Thèse de médecine. Faculté de médecine et de pharmacie. Université Mohamed V. Rabat. N°1. MAROC.

Gueddah. 2003. Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda : impact sur l'écosystème marin côtier. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER en Sciences de la Mer, Université Badji Mokhtar–Annaba. Algérie.

Haslay, C.,Leclerc, H.1993.Microbiologie des eaux d'alimentation. Technique & Documentation, Lavoisier. 495P.

Hebbar C. Surveillance de la qualité bactériologique des eaux de baignade - Cas des plages d'Aïn-Franin et de Kristel.Université d'Oran / Es-Senia, 2005.

JandaI JM, AbbottS.L.2010.The genus Aeromonas: taxonomy pathogenes is andinfection. Clin Microbio lRev. 23:35–73.

JestinE. 2004.La production et le traitement des eaux des tinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires. Agence de l'eau Seine-Normandie.France. 34P.

JORA.,1993. Journal Officiel de la République Algérienne. DécretexécutifN°93-164du10juillet, définissant la qualité requise des eaux de baignade.

Kadri S.H. 2015. Qualité bactériologique des eaux du littoral nord est algérien, doctorat en sciences de la mer, université Badji Mokhtar-Annaba. Algérie.

Kankou M, 2004. Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie-étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. Thèse de doctorat. Université De Limoges, France. Discipline : Chimie et Microbiologie de.159P.

Kerfouf A, Benyahia M, Boutiba Z. 2010. La qualité bactériologique des eaux de baignade du golfe d'Oran (Algérie occidentale). Rev. Microbiol.Ind. Sanet Environn.4, (1):22-31.

Lebres. E, et Mouffok. F., (2008). Le cours nationale d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteurd'Algérie.53p.

Le Calvé O. 2002. Propriétés Physiques du Milieu Marin, Un cours d'introduction à l'océanographie physique, Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var. France.
LE LOIR Y, GANTIER M. 2010. Livre *Staphylococcus aureus*. Tec & Doc LAVOISIER. France. 113P.

Leclerc. H, DAA Mossel, 1987. Microbiologie du tube digestif, l'eau et les aliments doin éditeur Paris. P : 3 59, 369

M.A.T.E, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 2002. Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD).

Madigan, M., and Martinko, J. 2007. Brock Biologie des micro organismes: Pearson Education, France.

MeHSIP. 2008. Elaboration of a Mediterranean Hot Spot Investment Programme. Final report for contract reg /2006/02 fwc beneficiaries Europe aid/11860/c/multi lot n°2: transport and infrastructures; horizon.

OMS. 1972. Genève Normes internationales pour l'eau de boisson Genève. p74.

OUAMANE, S. Qualité des eaux de baignade dans le golfe de Skikda. Magistère en sciences de la mer, 2014.

Pereira C, Salvador S, Arrojado C.A , Silva Y, Santos AL, Cunha A, Gomes NC, Almeida A. 2011. Evaluating seasonal dynamics of bacterial communities in marine fish aquaculture : a preliminary study before applying phage therapy. J. Environ. Monit. 13, (4): 1053–1058.

Rodier J., (1997) L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau résiduaires, eaux de mer. 8eme édition DUNOD, 1432 pages.

Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384P.

Santé Canada. 2006. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Les bactéries pathogènes d'origine hydrique: micro-organismes préoccupants courants et émergents. Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa(Ontario).

ServaisP., BillenG., Garcia. ArmisenT., GeorgeI., GoncalvesA., ThibertS.2009. Contamination La microbienne dans le bassin de la Seine Editors. Eau Seine Normandie. Nanterre, France.