

II. Matériel et méthodes :

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

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

Localisation :

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

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

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

1. Commune de Filfila :

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

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

2. Commune de Ben Mhidi :

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

3. Commune de Skikda :

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

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

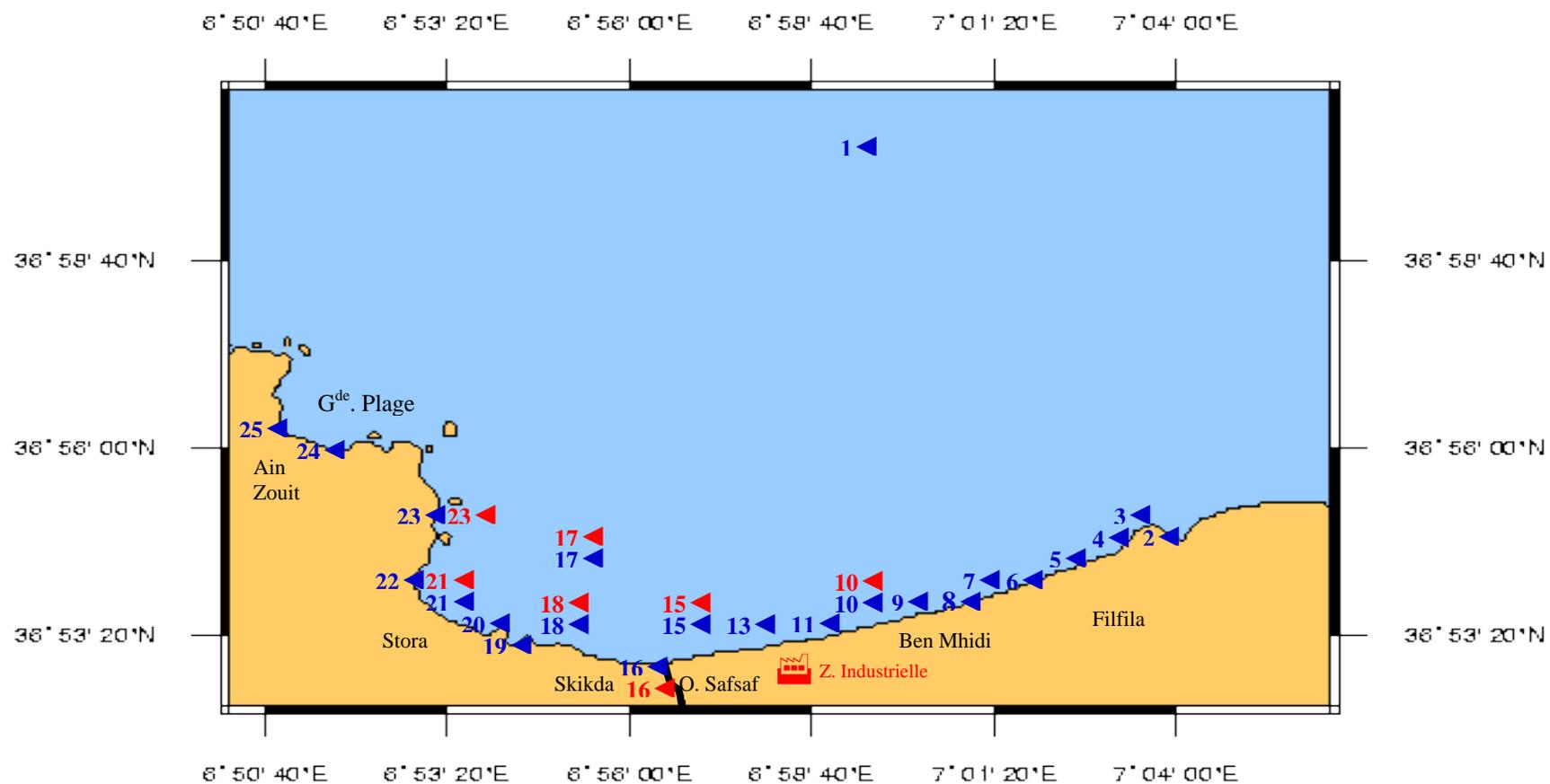


Fig. 21 : Situation des sites de prélèvements des échantillons d'eau (◀) et de sédiment (▶).

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

3.1. Zone industrielle :

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

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

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

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

3.2. Ports de commerce :

Les ports de Skikda sont représentés essentiellement par ;

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

3.3. Oued Safsaf :

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

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

3.4. Les plages :

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

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

3.5. Point chaud :

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

3.6. Point de référence :

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

4. Commune de Stora :

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

4.1. Port de pêche :

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

4.2. Les plages :

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

5. Commune de Aïn Zouit :

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

Infrastructures:

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

1. Infrastructures industrielles : (Fig. 22)

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

1.1. Centrale Thermique Electrique : (CTE)

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

- **Pollution Générée :**

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

- **Atmosphérique :**

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

- **Hydrique :**

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

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

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

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

- **Activité :**

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

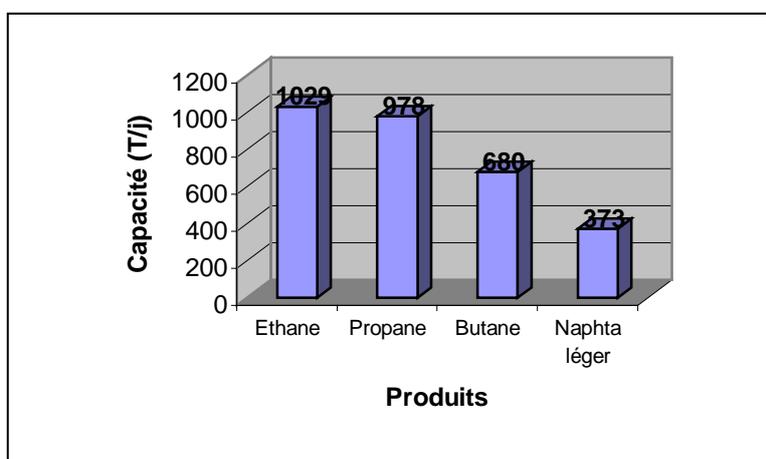


Fig. 23 : Représentation graphique de la production journalière du GL1/K.



Echelle : 1/30 000

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

- **Pollution générée :**

- **Atmosphérique :**

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

- **Hydrique :**

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

- ✓ **Les eaux de refroidissement :**

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

- ✓ **Les eaux de process :**

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

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

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

- ✓ **Les eaux domestiques :**

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

1.3. Complexe Pétrochimique : (CP1/K)

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

- **Activité :**

Composé par un ensemble d'unités, le complexe CP1/K, est un pôle qui concoure au développement de l'industrie pétrochimique en Algérie, notamment, par la production thermoplastique de base qui est représentée par divers produits tels que ; le Polychlorure de Vinyle (PVC), le mono chlorure de Vinyle (VCM) et le Polyéthylène Basse Densité

(PEBD). L'éthane est utilisé Comme matière première (150 000T/an). La capacité de production des divers types de produits est représentée par la figure 24.

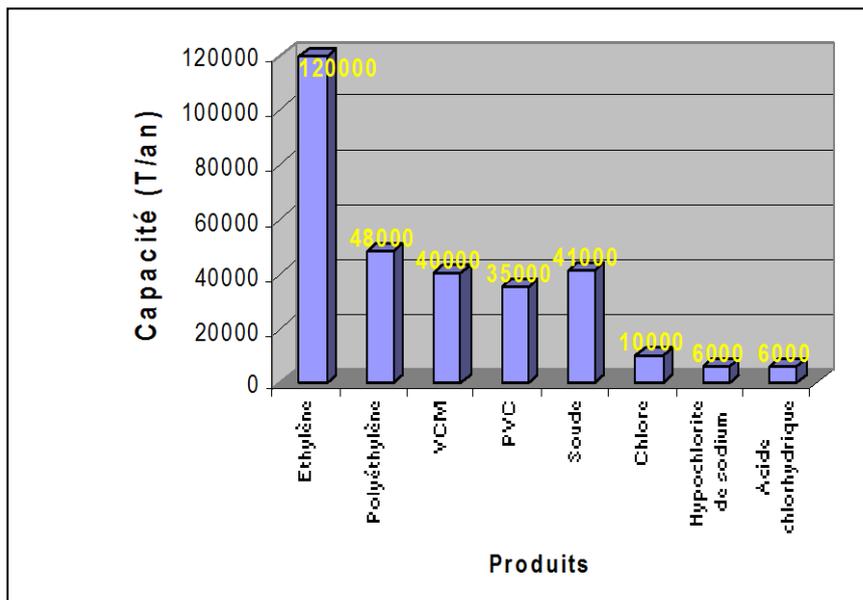


Fig. 24 : Représentation graphique de la production annuelle du CP1/K.

- **Pollution générée :**

- **Atmosphérique :**

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

Tableau 7: Effluents atmosphériques du CP1/K.

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

➤ **Hydrique :**

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

1.4. Complexe de Raffinage : (RA1/K)

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

• **Activité :**

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

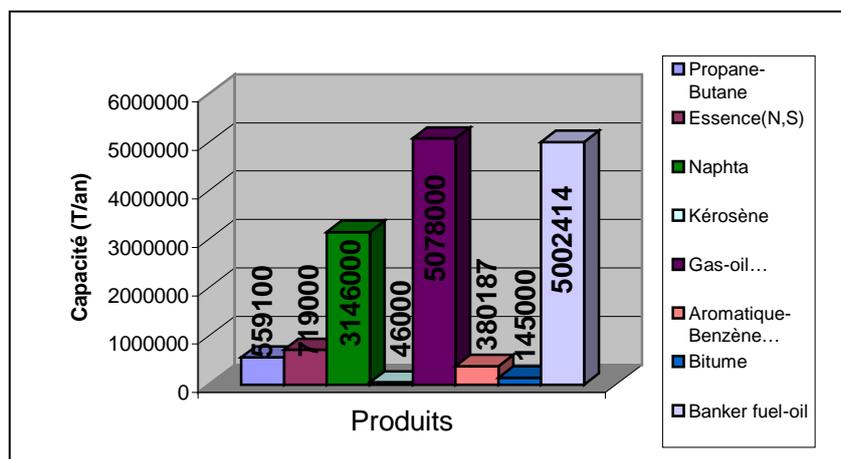


Fig. 25: Représentation graphique de la production annuelle du RA1/K.

• **Pollution générée :**

➤ **Atmosphérique :**

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

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

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

➤ **Hydrique :**

Toutes les eaux de process de la raffinerie, les eaux sanitaires et celle du laboratoire sont collectées (après neutralisation) dans un bassin d'où elles sont transférées grâce au réseau des eaux huileuses vers la station de traitement des effluents liquides du complexe.

Après traitement, les eaux sont évacuées vers l'Oued Marhoun rejoignant l'Oued Safsaf et atteignant finalement la mer.

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

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

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

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

1.5. Entreprise Nationale du Marbre : (ENAMARBRE)

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

• **Activité :**

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

• **Pollution générée :**

➤ **Hydrique :**

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

2. Infrastructures portuaires : (EPS)

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

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



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

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

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



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

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

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

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

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

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

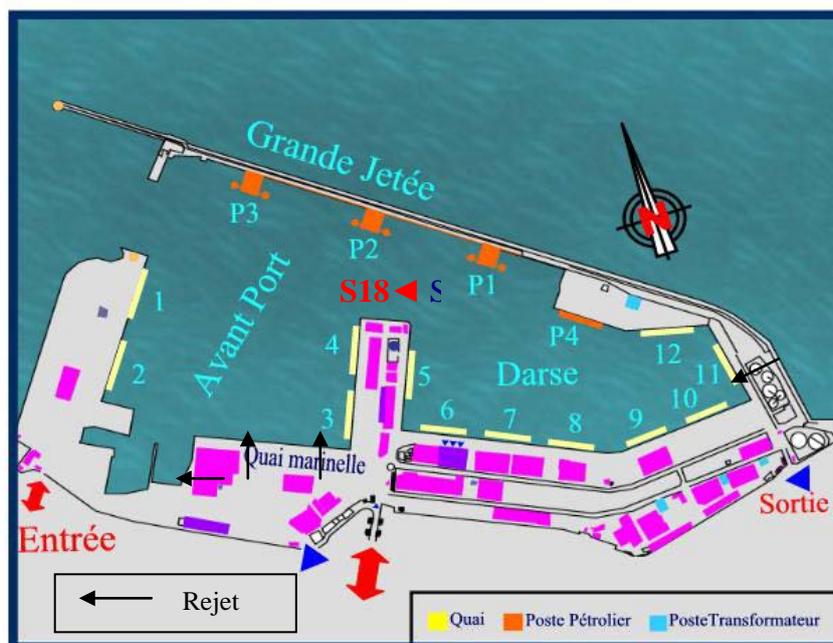


Fig. 28 : Plan de masse du port mixte de Skikda (l'Ancien port) et sites de prélèvement d'eau (S18) et de sédiment (S18).

2.2. Nouveau Port : (Fig. 29)

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



Fig. 29 : Photographie du Nouveau port de Skikda.

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

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

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



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

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

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

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

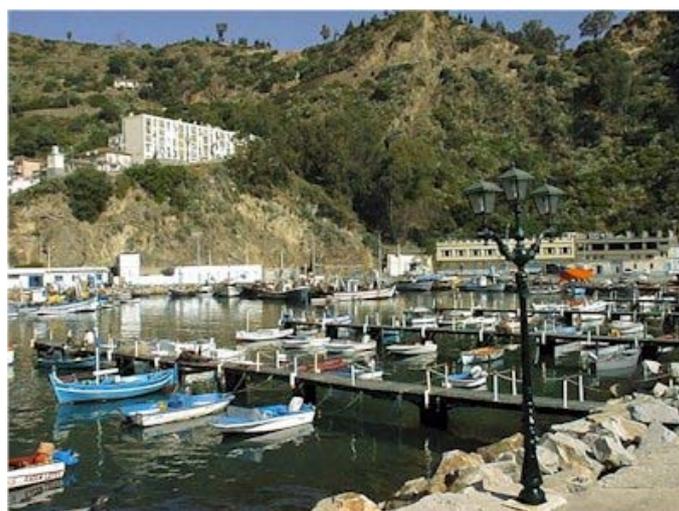


Fig. 31 : Photographie du Port de pêche de Stora (prise de la Jetée).

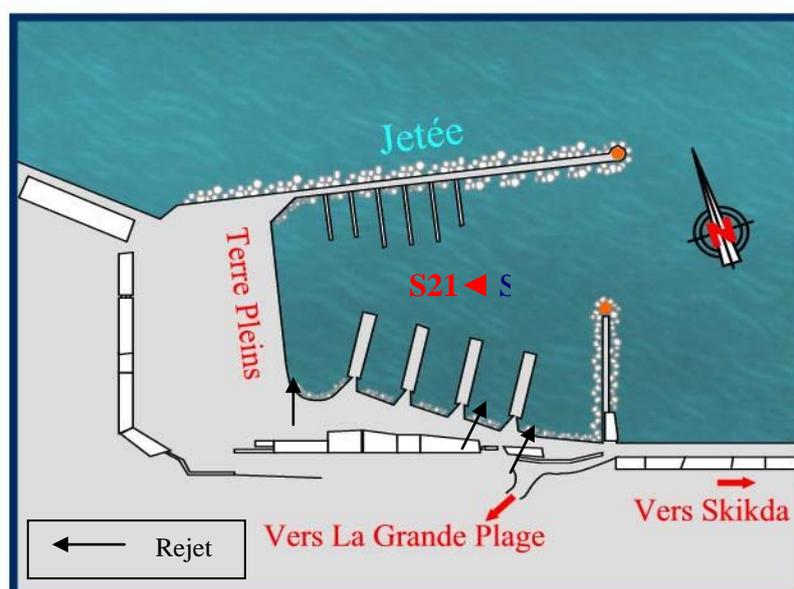


Fig. 32 : Plan de masse du port de pêche de Stora et sites de prélèvement d'eau (S21) et de sédiment (S21).

- **Activité :**

- **Les deux ports de commerce :**

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

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

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

➤ **Le port de pêche :**

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

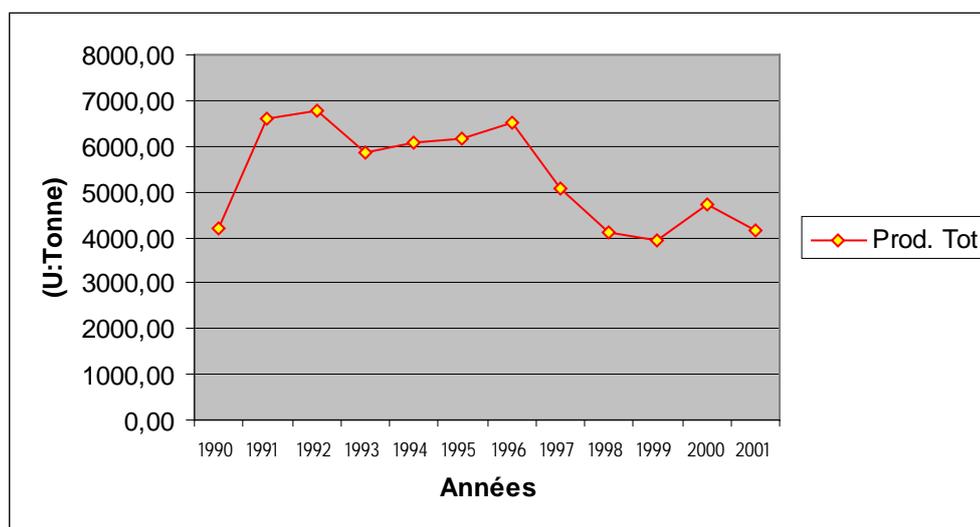


Fig. 33 : Représentation graphique de l'évolution de la production halieutique totale de 1990 à 2001 (Données statistiques, EPS, 2001).

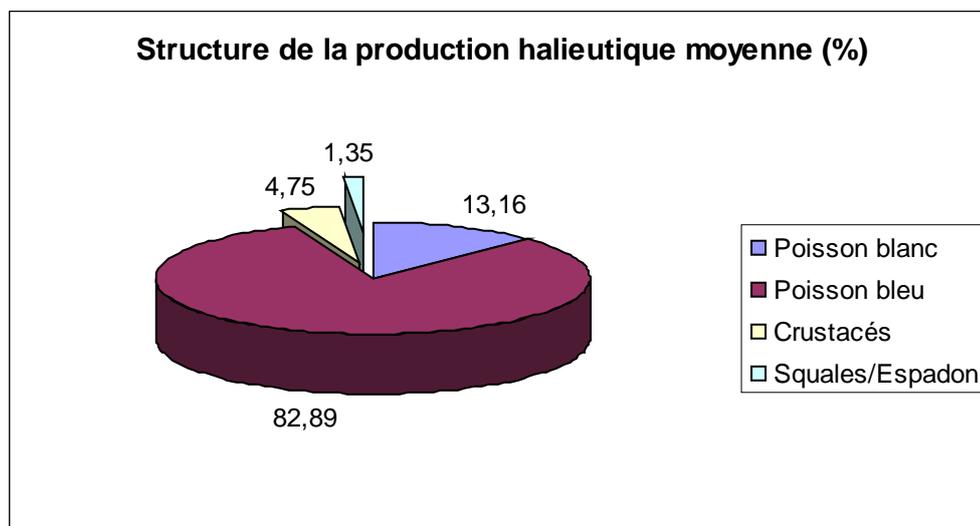


Fig. 34 : Représentation graphique de la structure de la production halieutique totale de 1990 à 2001 (Données statistiques, EPS, 2001).

- **Pollution générée :**

- **Nouveau et Ancien port :**

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

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

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

Rejets opérationnels :

- Vidange de cales et fuites diverses :

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

- Rejets de ballasts : (Lest)

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

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

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

Rejets accidentels :

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

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

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

➤ **Le port de pêche:**

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

• **Mesures préventives entreprises:**

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

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



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

II.2. Etude expérimentale :

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

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

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

1. Caractéristiques physico-chimiques :

Sites et technique d'échantillonnage :

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

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

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

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

Analyse des échantillons :

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

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

1.2.1. Appareillage et réactifs :

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

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

1.2.2. Mode opératoire :

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

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

2. Polluants bactériologiques :

2.1. Sites et technique d'échantillonnage :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2. Analyse des échantillons :

2.2.1. Principe de la méthode :

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

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

2.2.2. Appareillage de laboratoire :

La recherche et le dénombrement des germes recherchés nécessitent :

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

2.2.3. Milieux de culture :

La recherche et le dénombrement des germes recherchés nécessitent :

Pour la recherche des coliformes ;

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

Pour la recherche des streptocoques fécaux ;

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

2.2.4. Mode opératoire :

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

Recherche des coliformes totaux : (Fig. 36)

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

1. Test présomptif :

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

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

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

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

2. Test confirmatif :

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

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

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

Recherche des streptocoques fécaux : (Fig. 37)

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

1. Test présomptif :

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

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

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

2. Test confirmatif :

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

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

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

Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés sous la forme suivante :

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

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

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

