

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER



OPTION : ENVIRONNEMENT

**Thème :**  
**Suivi des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans la côte Algéroise**

Présenté par :

**Melle GRIB Imane**  
**Melle SLATNI Aida**

Soutenu le 09/07/2018 devant le jury suivant :

<b>M. BOUAICHA Farid</b>	( MA.A – ENSSMAL)	<b>:Président</b>
<b>Pr. BOULAHIDID Mostefa</b>	( Professeur ENSSMAL)	<b>:Promoteur</b>
<b>Mr. AROUA Mohamed</b>	( Doctorant ENSSMAL)	<b>:Co-promoteur</b>
<b>Mr. ZERROUKI Mohamed</b>	( M.A -ENSSMAL)	<b>:Examineur</b>
<b>Mr. INAL Ahmed</b>	( Attaché de recherche CNRDPA)	<b>:Examineur</b>

**Promotion : 2017/2018**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER



OPTION : ENVIRONNEMENT

**Thème :**  
**Suivi des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans la côte Algéroise**

Présenté par :

**Melle GRIB Imane**  
**Melle SLATNI Aida**

Soutenu le 09/07/2018 devant le jury suivant :

<b>M. BOUAICHA Farid</b>	( MA.A – ENSSMAL)	<b>:Président</b>
<b>Pr. BOULAHIDID Mostefa</b>	( Professeur ENSSMAL)	<b>:Promoteur</b>
<b>Mr. AROUA Mohamed</b>	( Doctorant ENSSMAL)	<b>:Co-promoteur</b>
<b>Mr. ZERROUKI Mohamed</b>	( M.A -ENSSMAL)	<b>:Examineur</b>
<b>Mr. INAL Ahmed</b>	( Attaché de recherche CNRDPA)	<b>:Examineur</b>

**Promotion : 2017/2018**

# *Remerciements*

Après avoir rendu grâce au dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail. On tient à exprimer toute notre reconnaissance à notre promoteur **Mr. Boulahdid M** de nous avoir fait confiance pour entreprendre ce travail et de lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration. Merci pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous voudrions aussi exprimer toute notre gratitude à **Mr.Aroua** d'avoir accepté de Co-encadrer ce travail, et pour ses conseils. Et son aide On le remercie pour le temps qui nous a consacré toutes les fois que cela était nécessaire,

C'est avec un grand plaisir que nous remercions **Mr.Bouaicha.F**, **Mr.Inal. A** et Monsieur **Zerrouki .M** qui ont bien voulu faire partie du jury et qui nous ont fait l'honneur de participer à l'évaluation de ce modeste travail.

Nous n'oserons pas oublier de remercier : **Mr Zerrouki.M** , **Mr Boughrira**, **Mr Benhalima M** et **Mr Boufniza** ainsi que **Melle.Keraghel M** et **Mlle.Harid R** , pour leur aides et orientations.

Merci également à l'ensemble des techniciens et ingénieurs du laboratoire de l'ENSSMAL et de Sidi Fredj particulièrement **Mme. Eddalia N** et **Mr Boudjelall** ainsi qu'aux bibliothécaires de l'école pour leur collaboration.

Enfin, On désire aussi remercier chaleureusement nos parents pour leur support inestimable.

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce qui ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.*

*A ma mère qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas eu lieu .qu'elle trouve ici mon amour et mon affection.*

*A mon père qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.*

*A la mémoire de mes grands-pères :j'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde*

*A mes deux grandes -mères.Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont elles ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A mes très chères sœurs wahiba Lynda Amina et la petite Yousra que j'aime beaucoup et qui n'ont cessées d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*A toute la famille GRIB et HACENE ;À mes chers oncles,tantes,leurs époux et épouses*

*A mes chers cousins et cousines Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère*

*À mes amis de toujours :Adlane,Massi,Karim, Charaf,Mohamed ,Loubna Kanza Amina Bouchra et Hadjer,en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie*

*A ma chère binôme « Aida » et à toute sa famille ,pour sa patience et son sérieux durant le travail*

*A tous les membres de la FIE 2018 en général et à mon équipe du projet en particulier Ania Ryma Nour et Fatima ainsi qu'à Madame Maouel et Madame Chaou*

*A tous mes amis de ma promotion*

*À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ceux que j'ai omis de citer.*

*Smane*

## *Dédicace*

*À ma mère :*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers toi. Que dieu te garde et t'accorde santé et bonheur pour que tu restes la splendeur de ma vie.*

*À mon père :*

*Puisse ce travail constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices que tu t'es imposé pour assurer mon bien être et mon éducation.  
Puisse dieu te prêter longue vie, santé et bonheur.*

*À ma sœur Sabrina et son époux Salim, à mes très chers frères : Rebei , Nabil , qui comptent énormément pour moi.*

*À tous mes autres proches exclusivement ma grand-mère, mes oncles Hamid, Lotfi.  
A toutes ma famille : oncles et tantes, leurs époux et épouses, cousins et cousines.*

*À mes chères amis(e) : Mohammed, Charef, Asma , Ahlem , Sarra , Halima ,  
Houda ,Linda ,Ryma et Safa à qui je tiens plus particulièrement ; j'espère que je n'ai oublié personne.*

*À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé de près ou de loin tout au long de cette année ;*

*Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq ans inoubliables ;*

*À vous tous qui m'aimez ;*

*À ma chère binôme qui est sérieuse et toujours en bonne humeur ; et à toute sa famille.*

*Je dédie ce travail :*

*Le 26-06-2018 à 04h :41min*

*Aida*

## Listes des figures

<b>Figure 1.1:</b> Cycle de l'azote dans l'eau de mer (Le gal <i>et al.</i> ,1988).....	15
<b>Figure 1.2:</b> Cycle du phosphore dans l'eau de mer (Le gal <i>et al.</i> ,1988) .....	16
<b>Figure 1.3:</b> Cycle de silicium dans l'océan mondial d'après (Tréguer <i>et al.</i> ,1995) .....	16
<b>Figure 1.4:</b> Structure chimique de la chlorophylle .....	20
<b>Figure 2.1 :</b> Situation géographique de la côte algéroise (P.A.C, 2005) .....	24
<b>Figure 2.2 :</b> Situation géographique de la baie de Bou Ismail (Google Earth , 2014).....	24
<b>Figure 2.3.</b> Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail (Al Sid Cheikh <i>et al.</i> ,2009).....	28
<b>Figure 2.4.</b> Situation géographique de la baie d'Alger (Google Earth, 2016).....	29
<b>Figure 2.5.</b> La délimitation de la baie d'Alger (PAC, 2004).....	29
<b>Figure 2.6.</b> Le réseau hydrographique de la baie d'Alger (Madi, 2009).....	30
<b>Figure 2.7.</b> Bilan des courants dans la baie d'Alger (LEM, 1998).....	31
<b>Figure 2.8.</b> Population et principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger (PAC, 2005).....	32
<b>Figure 2.9.</b> Situation géographique de baie de Zemmouri (Guidou O., Touzi W;2016).....	33
<b>Figure 3.1:</b> Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Bou Ismail.....	40
<b>Figure 3.2:</b> Localisation des stations de prélèvement dans la baie d'Alger.....	40
<b>Figure 3.3:</b> Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Zemmouri.....	41
<b>Figure 3.4:</b> Navire Scientifique Grine Belkacem (CNRDPA).....	41
<b>Figure 3.5:</b> Auto Analyser San Plus (SKALAR®,1998) .....	43
<b>Figure 3.6:</b> Courbe d'étalonnage de nitrate.....	44
<b>Figure 3.7:</b> Courbe d'étalonnage d'Ammonium. ....	45
<b>Figure 3.8:</b> Courbe d'étalonnage d'Ortho-phosphate.....	46
<b>Figure 3.9 :</b> Courbe d'étalonnage de Silicium.....	47
<b>Figure 4.1 :</b> Variations de la température à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	54
<b>Figure 4.2 :</b> Carte de distribution spatiale horizontale de la température en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.....	54
<b>Figure 4.3:</b> Variations de la salinité à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	55
<b>Figure 4.4:</b> Carte de distribution spatiale horizontale de la salinité en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.....	55

<b>Figure 4.5 :</b> Variations de la concentration d'oxygène dissous à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>56</b>
<b>Figure 4.6:</b> Carte de distribution spatiale de l'oxygène dissous en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>56</b>
<b>Figure 4.7:</b> Variations de degré de saturation en oxygène dissous dans la Baie de Bou-Ismaïl.....	<b>56</b>
<b>Figure 4.8:</b> Variations à différentes profondeurs du pH dans la baie de Bou Ismaïl.....	<b>57</b>
<b>Figure 4.9:</b> Carte de distribution spatiale horizontale du pH en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>57</b>
<b>Figure 4.10 :</b> Variations de la conductivité à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>58</b>
<b>Figure 4.11 :</b> Carte de distribution spatiale horizontale de la conductivité en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>58</b>
<b>Figure 4.12:</b> Variations de la matière en suspension à différents niveaux dans la Baie de Bou-Ismaïl.....	<b>59</b>
<b>Figure 4.13:</b> Carte de distribution spatiale horizontale de la matière en suspension en surface dans la baie de Bou-Ismaïl. ....	<b>59</b>
<b>Figure 4.14:</b> Variations de la chlorophylle en surface et en profondeur dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>60</b>
<b>Figure 4.15:</b> Variations de Température à différentes profondeurs, dans la baie d'Alger.....	<b>61</b>
<b>Figure 4.16:</b> Carte de distribution spatiale horizontale de la Température en surface dans la baie d'Alger. ....	<b>61</b>
<b>Figure 4.17:</b> Variations de salinité à différentes profondeurs, dans la baie d'Alger.....	<b>62</b>
<b>Figure 4.18:</b> Carte de distribution spatiale horizontale de la Salinité en surface dans la baie d'Alger. ....	<b>62</b>
<b>Figure 4.19 :</b> Variations de l'oxygène dissous à différentes profondeurs de la baie d'Alger.....	<b>63</b>
<b>Figure 4.20 :</b> Carte de distribution spatiale horizontale de l'oxygène dissous en surface dans la baie d'Alger. ....	<b>63</b>
<b>Figure 4.21:</b> Variations de degré de saturation en oxygène à différentes profondeurs dans la baie d'Alger. ....	<b>63</b>
<b>Figure 4.22:</b> Variations du pH à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.....	<b>64</b>
<b>Figure 4.23 :</b> Carte de la distribution spatiale horizontale du pH en surface de la baie d'Alger.....	<b>64</b>
<b>Figure 4.24:</b> Variations de la conductivité à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.....	<b>65</b>
<b>Figure 4.25 :</b> Carte de la distribution spatiale horizontale de la conductivité en surface de la baie d'Alger. ....	<b>65</b>

<b>Figure 4.26 :</b> Variations des matières en suspension à différentes profondeurs dans la baie d'Alger. ....	<b>66</b>
<b>Figure 4.27:</b> La distribution spatiale horizontale de la matière en suspension en surface dans la baie d'Alger.....	<b>66</b>
<b>Figure 4.28 :</b> Variation de la concentration de chlorophylle dans la surface et en profondeur dans la baie d'Alger .....	<b>67</b>
<b>Figure 4.29:</b> Diagramme de la matière en suspension en fonction de la chlorophylle_ <i>a</i> dans la baie d'Alger .....	<b>67</b>
<b>Figure 4.30:</b> Variations de la Température à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.....	<b>68</b>
<b>Figure 4.31:</b> La distribution spatiale horizontale de la Température en surface dans la baie de Zemmouri. ....	<b>69</b>
<b>Figure 4.32:</b> Variations de la Salinité à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.....	<b>69</b>
<b>Figure 4.33:</b> La distribution spatiale horizontale de la Salinité en surface de la baie de Zemmouri.....	<b>70</b>
<b>Figure 4.34:</b> Variations de l'oxygène dissous à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.....	<b>70</b>
<b>Figure 4.35:</b> La distribution spatiale de l'oxygène dissous dans la baie de Zemmouri.....	<b>71</b>
<b>Figure 4.36:</b> Variations du pH à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.....	<b>71</b>
<b>Figure 4.37:</b> La distribution spatiale horizontale du pH de la baie de Zemmouri.....	<b>72</b>
<b>Figure 4.38 :</b> Variations de conductivité à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri...	<b>72</b>
<b>Figure 4.39:</b> La distribution spatiale horizontale de la conductivité de la baie de Zemmouri....	<b>73</b>
<b>Figure 4.40:</b> Variations des matières en suspension à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri. ....	<b>73</b>
<b>Figure 4.41:</b> Variations de la concentration de chlorophylle dans la surface et en profondeur dans la baie de Zemmouri.....	<b>74</b>
<b>Figure 4.42:</b> variations des nitrates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>75</b>
<b>Figure 4.43 :</b> Carte de distribution horizontale des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl. ....	<b>75</b>
<b>Figure 4.44:</b> variations de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl. ....	<b>76</b>
<b>Figure 4.45:</b> Carte de distribution horizontale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl. ....	<b>76</b>
<b>Figure 4.46:</b> variations de la concentration de l'ammonium à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl. ....	<b>77</b>
<b>Figure 4.47 :</b> Carte de la distribution horizontale d'Ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl. ....	<b>77</b>

<b>Figure 4.48:</b> variations de la concentration des ortho-phosphates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl. ....	<b>78</b>
<b>Figure 4.49:</b> Carte de la distribution horizontale des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl. ....	<b>78</b>
<b>Figure 4.50 :</b> variations de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>79</b>
<b>Figure 4.51:</b> Carte de la distribution horizontale des silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>79</b>
<b>Figure 4.52:</b> Diagramme N-P. ....	<b>80</b>
<b>Figure 4.53 :</b> Variations des nitrates à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.....	<b>81</b>
<b>Figure 4.54 :</b> Carte de distribution horizontale des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger.....	<b>81</b>
<b>Figure 4.55 :</b> Variations de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie d'Alger. ....	<b>82</b>
<b>Figure 4.56 :</b> Carte de la distribution horizontale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger. ....	<b>82</b>
<b>Figure 4.57 :</b> Variations de la concentration d'ammonium à différentes profondeurs dans la baie d'Alger. ....	<b>83</b>
<b>Figure 4.58:</b> Distribution horizontale d'ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger. ....	<b>83</b>
<b>Figure 4.59 :</b> Variations de la concentration des ortho-phosphates à différentes profondeurs dans la baie d'Alger. ....	<b>84</b>
<b>Figure 4.60 :</b> Carte de distribution horizontale des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger. ....	<b>84</b>
<b>Figure 4.61:</b> Variations de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie d'Alger. ....	<b>85</b>
<b>Figure 4.62:</b> Carte de distribution horizontale des silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface dans la baie d'Alger. ....	<b>85</b>
<b>Figure 4.63:</b> Variations de la concentration des nitrates à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.....	<b>86</b>
<b>Figure 4.64:</b> Carte de distribution horizontale des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri.....	<b>87</b>
<b>Figure 4.65:</b> Variations de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.....	<b>87</b>
<b>Figure 4.66:</b> Carte de distribution horizontale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri.....	<b>88</b>
<b>Figure 4.67 :</b> Variations de la concentration d'Ammonium à différentes profondeurs dans la baie de zemmouri.....	<b>88</b>

<b>Figure 4.68 :</b> Carte de distribution horizontale d'Ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri. ....	<b>89</b>
<b>Figure 4.69 :</b> Variations de la concentration des ortho-phosphates à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri. ....	<b>89</b>
<b>Figure 4.70:</b> Carte de distribution horizontale des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri. ....	<b>90</b>
<b>Figure 4.71 :</b> Variations de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri. ....	<b>90</b>
<b>Figure 4.72</b> Carte de distribution horizontale des silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri. ....	<b>91</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.1 :</b> Classification des polluants (Office International de l'Eau, 2005) .....	<b>8</b>
<b>Tableau 3.1:</b> Le nombre des radiales et des stations de prélèvement par région.....	<b>40</b>
<b>Tableau 3.2 :</b> Localisation des points de prélèvement.....	<b>42</b>
<b>Tableau 4.1:</b> Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la baie de Bou-Ismaïl .....	<b>53</b>
<b>Tableau 4.2:</b> Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la baie d'Alger.....	<b>60</b>
<b>Tableau 4.3:</b> Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la baie de Zemmouri.....	<b>68</b>
<b>Tableau 4.4:</b> Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	<b>74</b>
<b>Tableau 4.5:</b> Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie d'Alger.....	<b>81</b>
<b>Tableau 4.6:</b> Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de Zemmouri.....	<b>86</b>

## Abréviations

<b>CNRDPA</b>	Centre National de Recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture
<b>LNCAPPASM</b>	Laboratoire National de Contrôle et d'Analyse des Produits de la Pêche et de l'Aquaculture et de la Salubrité des Milieux
<b>CRAPC</b>	Centre de Recherches techniques et scientifiques en Analyses Physico-chimiques
<b>ENSSMAL</b>	Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et l'Aménagement du Littoral
<b>GESAMP</b>	Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de l'environnement marin
<b>MES</b>	Matière en suspension
<b>NTU</b>	Nephelometric Turbidity Unit
<b>JTU</b>	Jackson Turbidity Unit
<b>FTU</b>	Formazine Turbidity Unit
<b>P.S.U</b>	Practical Salinity Unit
<b>PB</b>	Production Brute
<b>PN</b>	Production Nette
<b>PAC</b>	Plan d'Action Côtier
<b>LEM</b>	Laboratoire des Etudes Maritimes
<b>O.N.M</b>	Office Nationale Météorologique
<b>A.N.R.H</b>	Agence National des Ressources Hydrauliques
<b>C.O.I</b>	Commission Océanographique International
<b>ANIREF</b>	Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière



# [ *Sommaire* ]

# SOMMAIRE

<b>Introduction générale .....</b>	<b>2</b>
<b>Chapitre 1 : Généralités.....</b>	<b>4</b>
<b>I. Pollution marine.....</b>	<b>5</b>
<b>I.1. Définition.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2. Sources de pollution.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.1. Rejets d'effluents domestique.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.2. Pollution d'origine industrielle.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.3. Pollution agricole.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3. Types de pollution.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.1. Pollution biologique.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.2. Pollution chimique.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.3. Pollution physique.....</b>	<b>7</b>
<b>I.4. Polluants.....</b>	<b>7</b>
<b>I.4.1. Classification des polluants .....</b>	<b>7</b>
<b>I.5. Paramètres indicateurs de pollution du milieu marin.....</b>	<b>8</b>
<b>I.5.1. Matière en suspension (MES).....</b>	<b>8</b>
<b>I.5.2. La turbidité.....</b>	<b>9</b>
<b>II. Descripteurs hydrologiques du milieu marin .....</b>	<b>9</b>
<b>II.1. Descripteurs physico-chimiques.....</b>	<b>9</b>
<b>II.1.1. Température (T°C) .....</b>	<b>9</b>
<b>II.1.2. Salinité (PSU) .....</b>	<b>10</b>
<b>II.1.3. Oxygène dissous .....</b>	<b>10</b>
<b>II.1.4. Potentiel d'hydrogène (pH) .....</b>	<b>11</b>
<b>II.1.5. Conductivité électrique (C).....</b>	<b>11</b>
<b>II.2. NUTRIMENTS MINÉRAUX DISSOUS .....</b>	<b>12</b>
<b>II.2.1. Notion des nutriments .....</b>	<b>12</b>

# SOMMAIRE

<b>II.2.2.</b> Origine des sels nutritifs .....	12
<b>II.2.3.</b> Les différentes formes des sels nutritifs .....	12
<b>II.2.3.1.</b> Ammonium.....	12
<b>II.2.3.2.</b> Nitrite.....	13
<b>II.2.3.3.</b> Nitrate.....	13
<b>II.2.3.4.</b> Phosphate.....	14
<b>II.2.3.5.</b> La Silice dissous.....	14
<b>II.2.4.</b> Rôle des éléments nutritifs.....	15
<b>II.2.5.</b> Le cycle biogéochimique des sels nutritifs.....	15
<b>II.3.</b> Processus du cycle.....	17
<b>II.3.1.</b> La photosynthèse.....	17
<b>II.3.2.</b> La minéralisation.....	17
<b>II.3.3.</b> L'excrétion.....	17
<b>II.3.4.</b> La nitrification.....	17
<b>II.3.5.</b> La dénitrification.....	18
<b>II.4.1.</b> Rapport de REDFIELD.....	18
<b>II.4.2.</b> Notion de facteur limitant.....	19
<b>II.5.</b> Production primaire.....	19
<b>II.5.1.</b> Définition.....	19
<b>II.5.2.</b> Chlorophylle.....	20
<b>II.5.2.1.</b> La chlorophylle_a.....	20
<b>II.6.</b> Eutrophisation .....	21
<b>II.6.1.</b> Conséquences de l'eutrophisation sur le milieu marin.....	21
<b>Chapitre 2 : Zones d'études.....</b>	<b>23</b>
<b>I.</b> Présentation des zones d'étude.....	24
<b>I.1.</b> Baie de Bou Ismaïl .....	24
<b>I.1.1.</b> Situation géographique .....	24
<b>I.1.2.</b> Topographie de la baie.....	25

# SOMMAIRE

<b>I.1.3. Réseau hydrographique.....</b>	<b>25</b>
<b>I.1.4. Les facteurs hydrodynamiques.....</b>	<b>25</b>
<b>I.1.4.1. Les vents.....</b>	<b>25</b>
<b>I.1.4.2. Les houles.....</b>	<b>26</b>
<b>I.1.4.3. Courantologie.....</b>	<b>26</b>
<b>I.1.5. Climatologie.....</b>	<b>27</b>
<b>I.1.6. Hydrodynamisme.....</b>	<b>27</b>
<b>I.1.7. Sources de pollution.....</b>	<b>27</b>
<b>I.2. Baie d'Alger.....</b>	<b>28</b>
<b>I.2.1. Situation géographique.....</b>	<b>28</b>
<b>I.2.2. Géomorphologie.....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.3. Réseau hydrographique.....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.4. Facteurs hydrodynamiques.....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.4.1. Les houles.....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.4.2. Les courants.....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.5. Facteurs météorologiques.....</b>	<b>31</b>
<b>I.2.6. Sources de pollution.....</b>	<b>32</b>
<b>I.3. Baie de Zemmouri .....</b>	<b>33</b>
<b>I.3.1. Situation géographique .....</b>	<b>33</b>
<b>I.3.2. Réseau hydrographique.....</b>	<b>33</b>
<b>I.3.3. Climatologie.....</b>	<b>34</b>
<b>I.3.4. Facteurs hydrodynamiques.....</b>	<b>34</b>
<b>I.3.4.1. La houle.....</b>	<b>34</b>
<b>I.3.4.2. Les courants.....</b>	<b>34</b>
<b>Chapitre 3 : Matériels &amp; méthodes.....</b>	<b>36</b>
<b>I. Travaux effectués en mer .....</b>	<b>37</b>
<b>I.1. Choix et localisation des stations de prélèvement .....</b>	<b>37</b>
<b>I.2. Stratégie de prélèvement.....</b>	<b>37</b>

## SOMMAIRE

<b>II. Localisation des stations de prélèvement.....</b>	<b>38</b>
<b>II.1. Tableau des stations de prélèvement .....</b>	<b>39</b>
<b>II.1.1. Baie de Bou-Ismaïl.....</b>	<b>40</b>
<b>II.1.2. Baie d'Alger.....</b>	<b>40</b>
<b>II.1.3. Baie de Zemmouri .....</b>	<b>41</b>
<b>II.2. Présentation du navire scientifique GRINE BELKACEM.....</b>	<b>41</b>
<b>III. Matériel de prélèvement.....</b>	<b>41</b>
<b>III.1. Conditionnement des moyens de prélèvement.....</b>	<b>42</b>
<b>III.2. Prélèvement d'eau de mer .....</b>	<b>42</b>
<b>III.3. Echantillonnage et conservation.....</b>	<b>42</b>
<b>IV. Mesures in situ des paramètres physico-chimiques .....</b>	<b>42</b>
<b>V. Travaux effectués au laboratoire.....</b>	<b>43</b>
<b>V.1. Dosage des sels nutritifs .....</b>	<b>43</b>
<b>V.1.1 Principe de dosage des sels nutritifs .....</b>	<b>43</b>
<b>V.1.2. Etalonnage.....</b>	<b>44</b>
<b>V.1.3. Principe de dosage des Nitrates et Nitrites (<math>\text{NO}_3^-</math> et <math>\text{NO}_2^-</math>).....</b>	<b>44</b>
<b>V.1.4. Principe de dosage de l'Azote ammoniacal (<math>\text{NH}_4^+</math>).....</b>	<b>45</b>
<b>V.1.5. Principe du dosage des Ortho phosphates (<math>\text{PO}_4^{3-}</math>) .....</b>	<b>45</b>
<b>V.1.6. Principe du dosage des silicates (<math>\text{SiO}_2^-</math>) .....</b>	<b>47</b>
<b>V.2. Détermination de la Matière en suspension (MES).....</b>	<b>48</b>
<b>V.3. Dosage de la chlorophylle-a par spectrophotométrie.....</b>	<b>49</b>
<b>Chapitre 4 : Résultats et discussion.....</b>	<b>52</b>
<b>I. Analyse paramétrique.....</b>	<b>53</b>
<b>I.1. Paramètres physico-chimiques.....</b>	<b>53</b>
<b>I.1.1. Baie de BouIsmaïl.....</b>	<b>53</b>
<b>I.1.2. Baie d'Alger.....</b>	<b>60</b>
<b>I.1.3. Baie de Zemmouri.....</b>	<b>68</b>
<b>I.2. Analyse des sels nutritifs.....</b>	<b>74</b>

## SOMMAIRE

<b>I.2.1.</b> Baie de Bou-Ismaïl.....	74
<b>I.2.2.</b> Baie d'Alger.....	81
<b>I.2.3.</b> Baie de Zemmouri.....	86
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>92</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes .</b>	

**Introduction  
générale**

La pollution : est un problème d'actualité, elle affecte pratiquement tous les écosystèmes, y compris l'environnement marin. Le milieu marin est menacé de plusieurs types de pollution.

En effet, Les zones côtières sont des espaces fragiles et très sollicités. Ils sont exposés à des énormes risques : la pression démographique, la croissance des zones urbaines, associée à une expansion rapide de l'industrie, et du tourisme et à une exploitation intensive des ressources marines. Cela a suscité une prise de conscience de la communauté internationale concernant le développement durable de ces espaces, et leurs ressources naturelles (**in Mennad, 2008**).

Face à cette pollution et ses impacts, l'homme s'est mobilisé pour lutter et préserver les patrimoines, limiter et étudier leurs effets en mesurant des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs, qui sont utilisés comme descripteurs et traceurs dans l'eau de mer, ils constituent donc un outil crucial, pour l'étude des phénomènes et les processus qui se déroulent au sein de l'océan.

Le littoral Algérien et à l'instar des zones côtières Méditerranéennes, connaissent de sérieux problèmes environnementaux. La côte Algéroise est certainement l'une des régions où l'altération de la qualité des eaux marines Côtières est la plus perceptible.

Le suivi de la qualité de l'eau et l'évaluation des degrés de la pollution de l'environnement côtier constitue une priorité pour la préservation du milieu marin et ses ressources.

Cette problématique fait l'objet qu'on a fixé dans le cadre de ce Modest travail. La présente recherche concerne les eaux de la côte Algéroise (baie d'Alger, baie de Bou-Ismaïl et baie de Zemmouri) soumises aux déversements d'eaux continentales (Oueds).

La campagne **SPHyCENTRE -2017** avec la participation de quatre institutions (**CNRDPA, CRAPC, LNCAPPASM et ENSSMAL**) ; Qui a été réalisée à bord du navire de la recherche Belkacem GRINE du 13 au 25 Août 2017.

Elle fait donc l'objet d'une étude pilote qui s'intègre dans notre mémoire au sein d'un programme de recherche régional.

Notre approche méthodologique est structurée de la manière suivante :

- Le premier chapitre représente : des connaissances générales ou nous parlerons de la pollution marine, les paramètres physico-chimiques comme étant des indicateurs de la pollution, et les différents nutriments minéraux dissous présents dans l'eau de mer, ainsi que de la chlorophylle comme l'un des pigments photosynthétiques de base. Nous parlerons aussi de l'eutrophisation en milieu côtier.
- Le deuxième chapitre : est consacré pour la présentation des zones d'étude.
- Le troisième chapitre, matériels et méthodes, expliquera les démarches méthodologiques adoptées et analytiques appliquées pour la détermination des différents paramètres recherchés. C'est la description des protocoles et des méthodes d'analyses aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire, ainsi que l'appareillage utilisé.

- Le quatrième chapitre, résultats et discussion, c'est la partie qui regroupe, et discute les résultats obtenus.
- Enfin, le dernier chapitre conclusion : qui synthétise le travail, en dénombrant les phénomènes les plus importants concernant cette étude. Les perspectives et les recommandations qu'il faut prendre en compte.

# *Généralités*

## I. La POLLUTION MARINE

### I.1. Définition

Selon la Convention de Montego-Bay des Nations Unies sur le droit de la mer, la pollution marine est définie comme : « *l'introduction directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, lorsqu'elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques, et à la faune et la flore marine, risques pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche et les autres utilisations légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agrément* » (GESAMP, 1983).

Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci qui sont (Madi F., 2009)

- Le type de pollution (instantané ou permanent) ;
- De la capacité d'autoépuration du milieu récepteur ;
- Le niveau de persistance, et la réactivité de la substance polluante.

### I.2. Sources de pollution

Selon le mode de propagation des pollutions, ces dernières peuvent être classées en trois types (Kankou, 2004)

- Les pollutions accidentelles ;
- Les pollutions diffuses ;
- Les pollutions anthropiques.

Ces différents types de pollution ont plusieurs sources, et qui peuvent être dues aux

**I.2.1. Rejets d'effluents domestiques :** qui sont des eaux résiduaires véhiculées en mer directement sans épuration, et sont caractérisées par de très fortes teneurs en matière organique, germes fécaux, sels minéraux (Azote, Phosphore, etc.), détergents, ...etc. (Kankou, 2004).

**I.2.2. Pollution d'origine industrielle :** constitue la première grande source de pollution, des eaux résultantes de différentes industries, telles que : la production d'énergie, l'industrie chimique, métallurgique, électronique, et cela, par l'utilisation des combustibles fossiles, des molécules minérales et organiques de synthèses (Ramade, 2000).

**I.2.3. Pollution agricole :** elle résulte de l'utilisation de divers produits phytosanitaires, issus de lessivage des terres agricoles (l'eutrophisation), des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (Leroy, 1999).

### I.3. Types de pollution marine

La pollution est un problème d'actualité, elle affecte tous les écosystèmes y compris l'environnement marin. Elle présente un risque pour la santé humaine.

Des mortalités de poissons, la prolifération anarchique d'algues, la multiplication de certaines espèces bactériennes contaminant aussi bien l'eau et les espèces comestibles.

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. On peut parler de :

- Pollutions généralisées et localisées ;
- Pollutions pélagiques et continentales ;
- Pollution atmosphérique, ainsi que d'autres types de pollution.

Selon le type on distingue :

- La Pollution Biologique ;
- La Pollution Chimique ;
- La Pollution Physique.

### I.3.1. Pollution Biologique

C'est une forme de pollution organique, et parmi ses agents causals nous citons (**Amrouche W, Khechni A., 2012**) :

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

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

### I.3.2. Pollution Chimique

C'est la pollution qui intervient par réaction chimique ; elle se subdivise en deux catégories :

- **La pollution hyper-fertilisante** : se manifeste par une fertilisation excessive des eaux en sels nutritifs. Ceci a pour conséquence une prolifération algale qui altère ou anéantit l'écosystème aquatique. En effet, la décomposition bactérienne de ces algues consomme énormément d'oxygène et n'en laisse que peu à la faune. De plus, la dégradation bactérienne s'opérant même en absence d'oxygène, elle peut produire des molécules indésirables, voire toxiques (**Ramade, 2000**).

- **La pollution Toxique** : se manifeste par l'intermédiaire de micropolluants créés par l'homme ainsi que par des métaux comme : le mercure ou le plomb (**Kankou, 2004**).

Deux types de paramètres qui permettent d'évaluer l'état de cette pollution (**Kankou, 2004**) :

- **Les paramètres Globaux** : qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps par exemple : le pH, la turbidité et la demande chimique en oxygène (DCO) ;

○ **Les paramètres Spécifiques** : qui caractérisent des composés de même propriété chimique.

Ce type de pollution peut être directement ou indirectement toxique pour les organismes aquatiques.

### I.3.3. Pollution Physique

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir de :

- Rejets liquides ou solides (sac en plastique, morceaux de bois, ...etc.) ;
- Substances modifiantes la turbidité du milieu (comme les boues) ;
- Sources radioactives ou d'un rejet d'eau réchauffée (principe des centrales thermiques, nucléaires, raffineries, ...etc.).

Il faut toutefois noter que les limites entre ces catégories sont parfois très floues, et qu'elles peuvent se combiner ; ainsi l'action du pétrole est à la fois physique (Engluement) et toxique (lorsqu'il est ingéré). ( **Harkat I ., 2017**).

## I.4. Les Polluants

D'après **Emilian koller (2004)**, une substance donnée est dite polluant si :

- Elle a des effets biologiques significatifs, même à des petites concentrations ;
- Elle se diffuse facilement dans l'air, elle est soluble dans l'eau et elle a une tendance particulière à s'accumuler dans certains tissus vivants ;
- Elle est persistante ;
- Elle affecte une large gamme d'organismes, et spécialement ceux en rapport direct avec l'homme, ou qui joue un rôle central dans la stabilité de système écologique global, et elle est produite à grande échelle.

### I.4.1. Classification des polluants

Ces substances sont nombreuses et d'origine très variée. On peut les différencier en fonction de leur aspect physique, composition chimique, évolution dans la nature et leurs impacts sur les espèces vivantes (**Benhalima M., 2013**).

Le tableau suivant représente la classification des polluants selon l'Office International de l'Eau (**2005**) :

**Tableau 1.1 : Classification des polluants (Office International de l'Eau, 2005).**

Aspect Physique	Composition Chimique	Evolution dans la Nature	Impact sur les espèces vivantes
-Matière en Suspension  -Matières Dissoutes	-Matières Organiques  -Matières Minérales	-Matières rapidement Biodégradables  -Matières difficilement Biodégradables  -Matières non Biodégradables	-Matières Toxiques  -Matières non Toxiques

Comme On distingue d'autres classes de polluants (**Amrouche W et Khechni A., 2012**) :

- ✓ **Les polluants conservatifs** : qui restent en permanence dans le milieu marin, soit dispersés dans l'eau, soit fixés sur le matériel particulaire composés généralement de matière organique contenue dans la vase. On distingue les métaux lourds (mercure(Hg), cadmium(Cd), plomb(Pb), ...etc.), et les polluants organiques non biodégradables.
- ✓ **Les polluants chimiques non conservatifs** : tels que la matière organique, les sels nutritifs, les hydrocarbures, les détergents et les produits sanitaires, qui disparaissent à long terme. Ils ne présentent donc de danger que par leurs conséquences immédiates.
- ✓ **Les polluants microbiens** : qui sont véhiculés en quantités considérables au milieu marin par l'intermédiaire :
  - **Des rejets urbains** : comme les eaux usées domestiques et industrielles ;
  - **Des effluents agricoles** : les bactéries présentes dans les excréments des animaux qui survivent dans le lisier, et après épandage, l'action conjuguée de ruissellement et de l'érosion, leur fait tout naturellement suivre la direction des cours d'eau.

### I.5. Paramètres Indicateurs de pollution du milieu marin

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des modifications des caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur. Un des moyens d'étude de la pollution consistera donc à mesurer par analyses ces caractéristiques :

#### I.5.1. Matière en suspension MES (mg/l)

Les MES représentent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature biogénique, terrigène, éolienne et enfin météorique ; présentes dans l'eau de mer (**Ivanoff , 1972**).Elles représentent une cause essentielle de la turbidité d'eau et la diminution de sa transparence et de ce fait la production primaire photosynthétique". (**Ramade, 2000**).

Les matières en suspension dans l'eau de mer sont de dimensions très variables, elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45  $\mu\text{m}$ . Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire; (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

Par le phénomène d'adsorption-désorption des MES pour les espèces chimiques, elles peuvent être considérées comme des transporteurs importants, des polluants, des fertilisants, toxiques, ou biologiques (**Lacaze, 1996**).

Dans les océans, la concentration des MES est faible : elle diminue de la surface jusqu'au fond. Par contre les plus grandes teneurs en MES sont aux niveaux des milieux côtiers et estuariens.

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales (**Rodier et al., 2009**).

### I.5.2. Turbidité

Selon la définition donnée dans la norme **NF-EN-ISO 7027** de Mars 2000 (**Pelletier, 2009**), la turbidité est définie comme étant la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes.

Elle est mesurée soit :

- **Visuellement** : par la mesure de la profondeur de disparition du disque de Sicchi, ce dernier détermine la "profondeur de Sicchi" en mètre ;
- **Electroniquement** : (néphélométrie) par la comparaison avec une gamme de solution de référence (silice, mastic, formazine) ; elle est alors exprimée en mg/l de silice, de mastic, ...etc. ou en unité (NTU, Nephelometric Turbidity Unit), ou (JTU - Jackson ou FTU, Formazine-) (**Gaujous, 1995**).

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) de l'eau.

La connaissance de ce facteur a une double importance, elle détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface et elle permet également une approche de la quantité des particules en suspension (**Houma-Bachari, 2009**).

## II. Descripteurs hydrologiques du milieu marin

### II.1. Descripteurs physico-chimiques

#### II.1.1. Température (T°C)

C'est un paramètre important pour la connaissance des masses d'eaux (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**). Comme elle est aussi un facteur écologique du milieu, qui influe sur l'activité biologique, dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces (**Aminot et Kerouel, 2004**). Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique).

La mesure de la température, associée à la salinité, permet de déterminer la densité des eaux qui est un paramètre nécessaire à la détermination de la stratification verticale et la circulation océanique, sa mesure permet aussi de déterminer le taux de saturation des gaz dissous et le pH (**Aminot et Chausse-Pied, 1983 ; Aminot et Kerouel, 2004**).

Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques (telle que la pression). Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

La température est mesurée par thermo-sonde (ou par thermomètre) (**Gaujous, 1995**). Son unité principale est le degré Celsius (°C).

### II.1.2. Salinité (PSU)

C'est un descripteur indispensable en milieu marin, elle représente la proportion des sels minéraux dissous dans l'eau de mer, sa mesure permet de connaître 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 (**Aminot et Chausse-Pied, 1983 ; Rodier et al., 2005**).

Elle est mesurée en P.S.U (Practical Salinity Unit), ce paramètre représente la masse en grammes des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromures et iodures sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée.

Dans les océans, la salinité est voisine de 35psu et décroît de l'équateur aux pôles. Toutefois, certaines mers présentent des salinités assez différentes, par exemple la Méditerranée : 38-39, la mer Rouge : 36-47, la mer Baltique : < 15, la mer Noire : 18-22 (**Aminot et Kérouel, 2004**).

### II.1.3. L'Oxygène Dissous

C'est l'un des gaz dissous les plus importants que renferme l'eau de mer pour la vie marine, qui gouverne la majorité des processus biologiques, biogéochimiques et chimiques des écosystèmes aquatiques (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

La concentration de l'oxygène dissous est la résultante des facteurs suivants :

- **Facteurs Physiques** : Température, Pression atmosphérique, Salinité, échange air-mer, diffusion et mélange au sein de la masse d'eau. (**Rodier et al., 2005 ; Aminot et Kérouel, 2004**).
- **Facteurs Chimiques** : phénomènes de photo-oxydation, réactions d'oxydation chimique.
- **Facteurs Biologiques** : la respiration et la photosynthèse (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

L'oxygène peut être mesuré par des techniques simples, en particulier par un dosage chimique selon la méthode de Winkler ou par la méthode électrochimique (**Copin-Montégut, 1996**).

### II.1.4. Potentiel d'Hydrogène pH

Il est relatif à la concentration en ions hydrogène ( $H^+$ ) dans un milieu, donc à l'acidité de celui-ci. Cette notion a été introduite par SØRENSEN en 1909 qui l'avait défini comme le logarithme décimal de la concentration en ions  $H^+$  (Aminot et Kerouel, 2004),

$$pH = -\log_{10} a_{H^+}$$

Le pH de l'eau de mer, avoisine de 8,2 ; il est principalement fixé par la présence des Carbonates,  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ .

La modification des concentrations en  $CO_2$  (respiration, photosynthèse, échanges air-océan) ou en  $CO_3^{2-}$  (précipitation), entrainera donc une modification de pH, sa mesure se fait par la méthode électrochimique avec une électrode en verre (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Le pH caractérise l'acidité du milieu, à savoir :

- **En Equilibre** :  $[H^+] [OH^-] = 10^{-14}$ .
- **À pH neutre** :  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$  soit  $pH = -\log [H^+] = 7$ .
- **À pH acide** :  $[H^+] > [OH^-]$  soit  $pH < 7$ .
- **À pH basique** :  $[H^+] < [OH^-]$  soit  $pH > 7$ .

En mer, le pH normal est entre 8,2 et 8,3. Le plancton semble perturbé par des pH entre 6,5 et 7,5. (Gaujous, 1995).

La mesure du pH aura deux applications à considérer séparément : le suivi de la qualité des eaux, d'une part, et les études thermodynamiques des équilibres chimiques, d'autre part.

La distinction majeure réside dans le niveau de justesse et de précision requis pour ces deux applications (Aminot et Kérouel, 2004).

### II.1.5. Conductivité électrique (C)

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

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

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

### II.2. NUTRIMENTS MINÉRAUX DISSOUS

#### II.2.1. Notion des nutriments

Ils sont des éléments chimiques indispensables à la synthèse de matière organique. Le terme est souvent réservé aux éléments dont la concentration constitue parfois un facteur limitant (ce qui exclut le carbone inorganique toujours en excès dans la couche de surface des océans). Le terme est donc synonyme de l'ensemble azote, phosphore et silicium inorganiques dissous (**Lacaze J.C., 1996**).

Ils se situent à l'interface physique-biologique, ce qui rend leur étude doublement intéressante puisqu'ils peuvent être utilisés à la fois comme traceurs de masse d'eau ou comme indicateurs de richesse potentielle.

Ils sont indispensables à la nutrition des organismes, l'azote et le phosphore ne représentent respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse (**Aminot et Kerouel, 2004**), le silicium intervient essentiellement dans la formation des coquilles siliceuses. Ces composés minéraux sont à la base de la production primaire photosynthétique.

On trouve alors en surface des concentrations en éléments nutritifs qui peuvent aller de quelques micromoles à quelques dizaines de milligramme par litres.

#### II.2.2. Origine des sels nutritifs

Les sels nutritifs dissous dans le milieu marin ont diverses origines et elles peuvent être classées en deux sources principales :

- **Source interne** : C'est la régénération des sels nutritifs à partir de la matière organique produite par le plancton dans les eaux de surface. Cette origine, représente environ 97% ; plus la diffusion des sels nutritifs à partir des sédiments marins (**Boulaïdid, 1987**).
- **Source externe** : Ce sont les apports continentaux fluviaux, éoliens et hydrothermaux englobant les processus naturels (biologie, géologie, ...etc.) et la pollution anthropogénique (industrie, produits fertilisants, détergents, ...etc.) (**Levitus et al , 1993**).

#### II.2.3. Les différentes formes des sels nutritifs

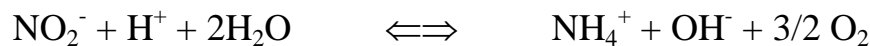
En milieu marin, les principaux éléments nutritifs sont ceux à base d'azote ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  et  $NH_4^+$ ), de phosphore ( $PO_4^{3-}$ ) et de silice ( $SiO_2$ ).

##### II.2.3.1. L'Ammonium

L'azote ammoniacal est présent en solution sous deux formes, l'ammoniac  $NH_3$  et l'ammonium  $NH_4^+$  dont les proportions relatives dépendent du pH, la température et la salinité. Dans les eaux marines et estuariennes, l'ammonium est très prédominant, c'est pourquoi ce terme est souvent employé pour désigner l'azote ammoniacal (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

Il est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'habitude a été prise de désigner le vocabulaire ammoniac à des formes ionisées ( $\text{NH}_4^+$ ) (**Rodier et coll., 2005**).

Cette forme provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés (**Office International de l'Eau, 2005**), et de la réduction des nitrites en ammonium qui se fait par un mécanisme bactérien en milieu anaérobie selon la réaction suivante :



L'ammonium est la forme d'azote préférée par le phytoplancton lors de la photosynthèse (**Pilson, 2013**).

### II.2.3.2. Nitrites

Ce sont des composés intermédiaires du cycle de l'azote, situés entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates, ils ont des concentrations pouvant atteindre quelques micromoles par litre (**Rodier, et al., 2009**).

Les bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas* sp.) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la **nitratation**. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.



Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température.

Les nitrites provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Il en résulte la mort par asphyxie.

### II.2.3.3. Nitrates

Les nitrates sont la forme la plus répandue, et la plus stable de l'azote dans l'océan. Ils représentent environ 65% du stock de l'azote (**Aminot, et al., 1983**).

Le nitrate absorbé par les algues est réduit selon le schéma réactionnel suivant (**Copin-Montégut, 1996**) :



La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous. Cette réduction est opérée par des bactéries anaérobiques, selon la réaction suivante :



Il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton. Leur concentration varie entre 0  $\mu\text{mole/l}$  à la surface et à plus de 45  $\mu\text{mole/l}$  dans les eaux profondes. Mais dans les estuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet des apports terrigènes, leur concentration peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

### II.2.3.4. Phosphates

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire.

Les Ortho-phosphates présentent la forme la plus abondante  $\text{PO}_4^{3-}$  (10 %),  $\text{HPO}_4^{-}$  (90%) et (1%) de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (**Aminot et Chaussé-Pied, 1983**). A l'état d'équilibre, elles se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à  $1\ \mu\text{mol/L}$ ) à cause de leur consommation par le phytoplancton (bloom printanier) (**Copin Montégut, 1996**), et ces teneurs augmentent avec la profondeur au-dessous de la couche euphotique pour atteindre un maximum qui correspond au minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région océanique (**Bachari Houma, 2009**).



La distribution des différentes formes de phosphates dans l'océan est contrôlée par des processus physiques et biologiques. Dans les eaux de surface ; les ions  $\text{PO}_4^{3-}$  sont utilisés par le phytoplancton durant la photosynthèse (**Millero, 2013**).

### II.2.3.5. La Silice dissoute

Le silicium est présent dans l'eau de mer sous deux formes : dissous et particulaire (**Riley et Chester, 1971**).

La silice est un composé essentiel de la structure solide des diatomées, des radiolaires et des spongiaires (**Aminot et Chaussé-Pied, 1983**). Dans l'eau de mer, les concentrations de silicates varient entre 0 et  $200\ \mu\text{M/l}$ .

La distribution de  $\text{SiO}_2$  dans les eaux côtières est généralement plus importante que celle de l'océan ouvert (**Millero, 2013**). La distribution verticale de l'acide silicique diffère de celle du phosphore ou de l'azote. Les concentrations augmentent lentement avec la profondeur pour atteindre généralement leur maximum au fond.

Le silicium dissous au pH de l'eau de mer ( $\approx 8,2$ ) se trouve à 95 % sous la forme d'acide ortho-silicique  $\text{Si(OH)}_4$ .

Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus et à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silicates (**Jacques et Tréguer, 1986**).

### II.2.4. Rôle des éléments nutritifs

Le phytoplancton assimile les sels nutritifs dissous dans l'eau de mer et puise l'énergie solaire pour fabriquer leurs squelettes et leur matière organique.

La production biologique dépend principalement de la lumière ainsi que de la circulation océanique qui transporte les sels dissous (Carbone, Azote, Phosphore, Silicium) indispensable à la vie, ainsi les régions de remontées d'eaux profondes sont riches en sels nutritifs (upwelling), et elles sont le siège d'une production biologique intense.

D'où l'importance des sels nutritifs dans l'étude de la circulation des masses d'eaux et de leur mélange (Jeandel, 1998).

### II.2.5. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs

#### \*Cycle de l'azote

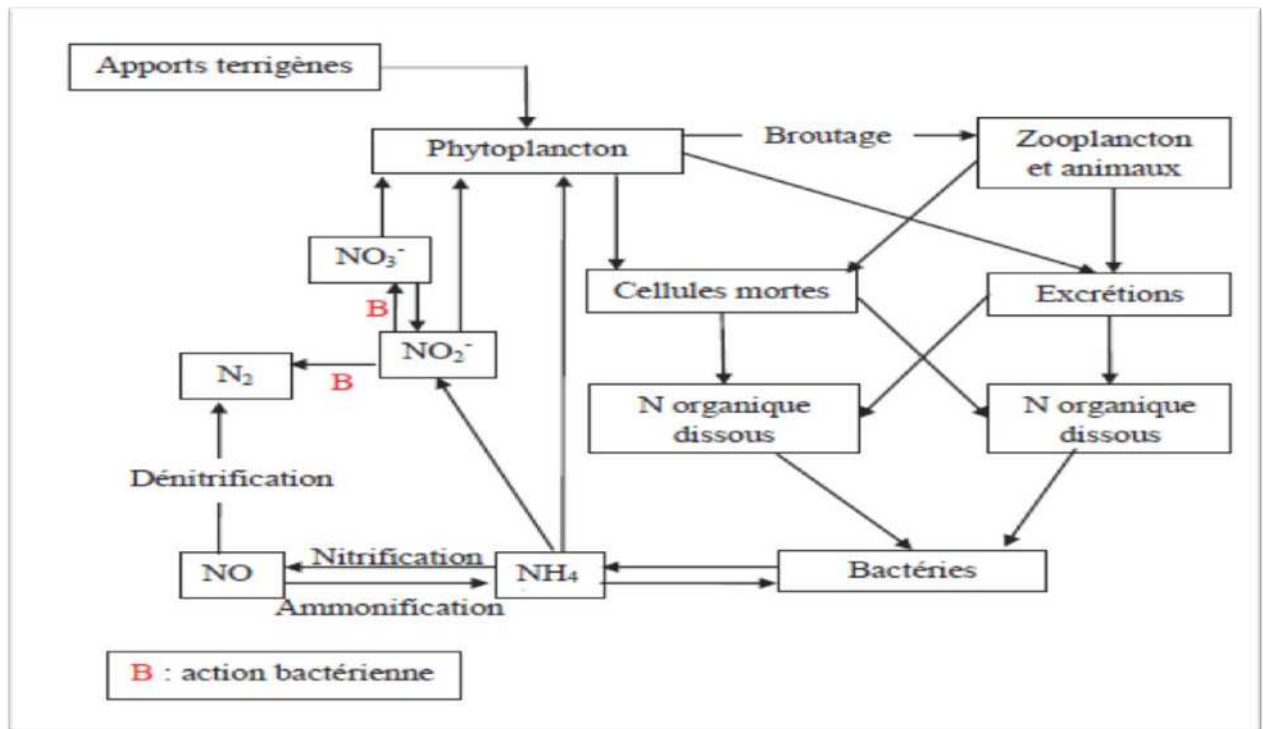


Figure 1.1 : Cycle de l'azote dans l'eau de mer (Le gal et al., 1988).

## \*Cycle de phosphates

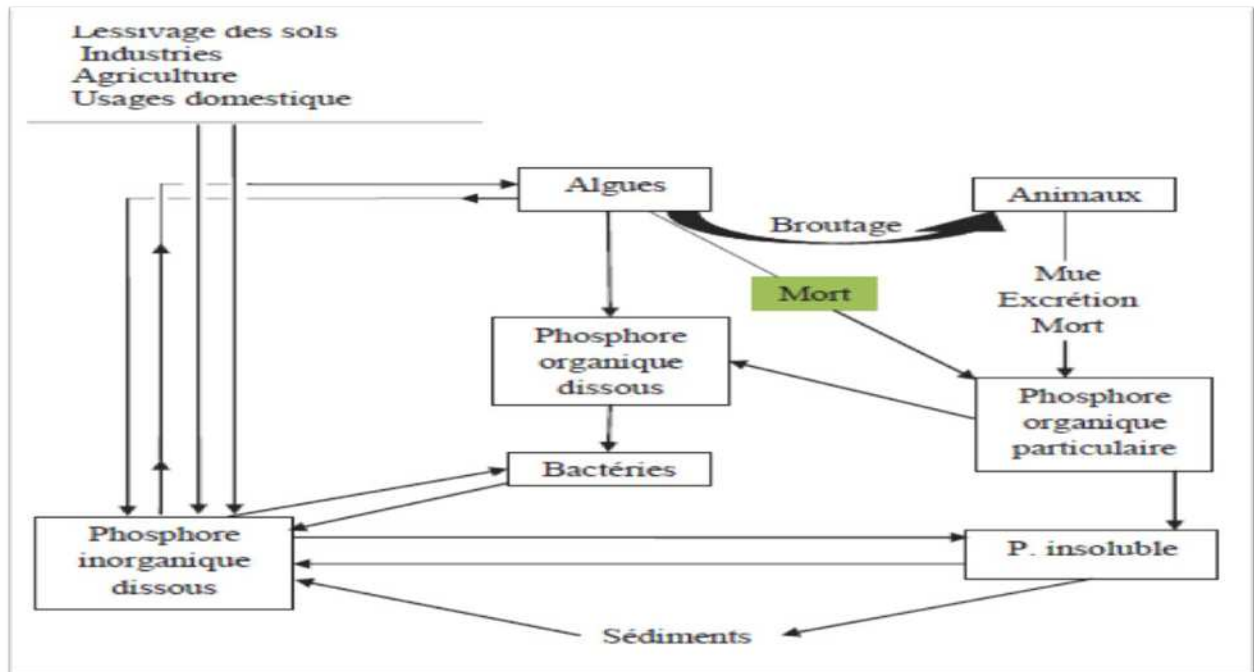


Figure 1.2: Cycle du phosphore dans l'eau de mer (Le gal et al.,1988).

## \*Cycle de silicium

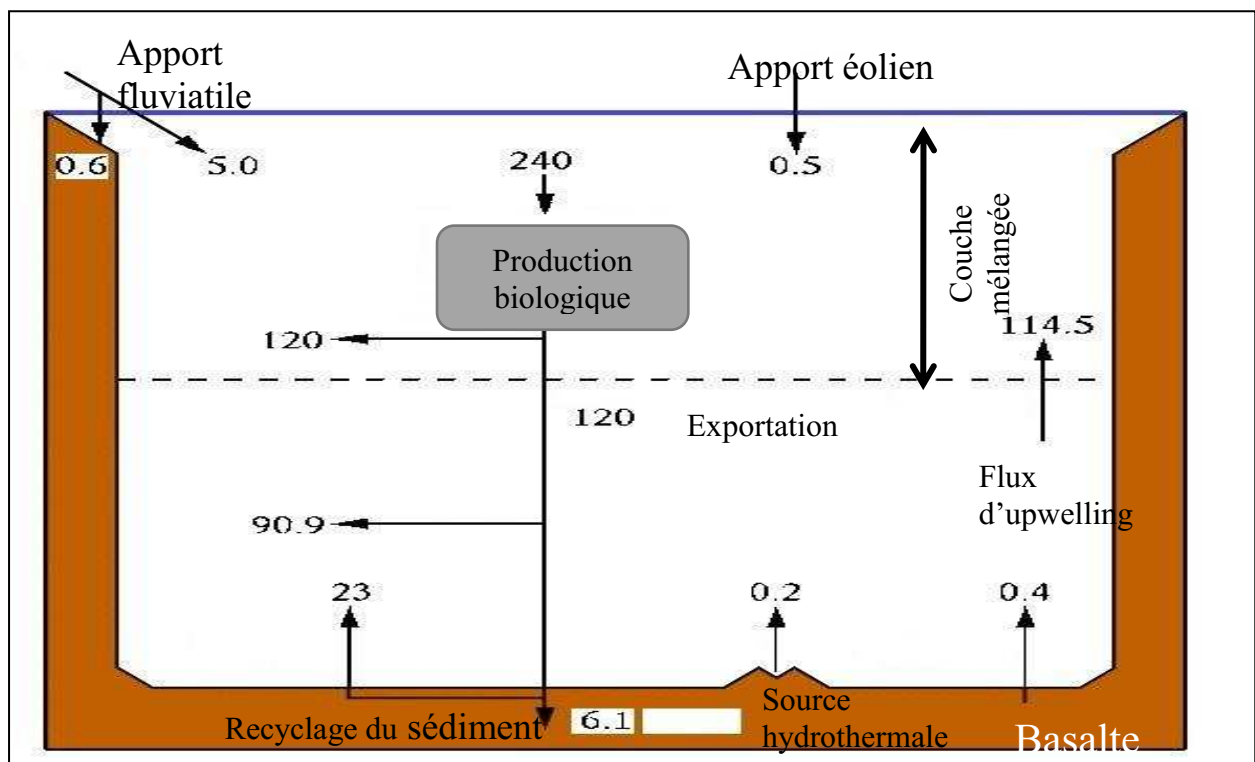
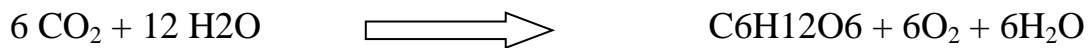


Figure 1.3: Cycle de silicium dans l'océan mondial d'après (Tréguer et al.,1995).

### II.3. Processus du cycle

#### II.3.1. La photosynthèse

Les végétaux, phanérogames, macro-algues et phytoplancton constituent l'élément de base de la vie marine. Les principaux facteurs nécessaires à leur développement sont l'énergie solaire et les sels minéraux. Les pigments contenus dans ces végétaux permettent, en effet, l'utilisation de l'énergie lumineuse pour assurer l'assimilation du carbone par le processus de photosynthèse qui constitue le principal mécanisme de production primaire de la biomasse dans le milieu marin (**Aminot et Kerouel, 2004**).



#### II.3.2. La minéralisation

Elle est la réaction inverse de la photosynthèse, consiste à la conversion de la matière organique dissoute (sécrétée par les cellules ou libérée à leur mort) et de la matière organique particulaire détritique (excrétée par les organismes supérieurs, ou constituée de débris de cellules mortes) en nutriments minéraux par les bactéries hétérotrophes (**Aminot et Kerouel, 2004**).



#### II.3.3. L'excrétion

L'excrétion et la sécrétion de nutriments sont considérées en dehors de la minéralisation bactérienne.

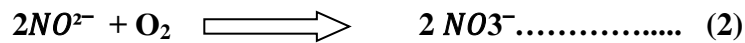
Un retour partiel des éléments nutritifs sous leur forme minérale, notamment (**Aminot et Kerouel, 2004**) :

- Ammonium et phosphate, qui sont excrétés par les micro-flagellés hétérotrophes, les ciliés et le zooplancton ;
- Des composés organiques solubles sont sécrétés par le phytoplancton vivant, les plus connus les acides aminés et les polysaccharides ;
- Les organismes zoo-planctoniques excrètent en outre du matériel organique particulaire.

#### II.3.4. La nitrification

La décomposition des matières organiques azotées (c'est l'inverse de la réaction de photosynthèse fournit de l'énergie ( $\Delta G < 0$ ), elle est théoriquement spontanée en présence d'oxygène. Elle suit en fait des voies biologiques : respiration excrétion prédation, attaque bactérienne. Aboutissant à l'émission dans le milieu marin des métabolites azotés plus ou moins simples et d'ions ammonium. La transformation de l'azote organique en ammonium est appelée ammonification.

L'oxydation ultérieure de l'ammonium en nitrite puis en nitrate est la nitrification elle s'effectue selon le schéma suivant :

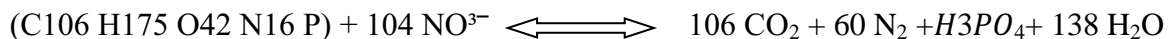


Les bactéries nitrifiantes sont les médiateurs. Elles récupèrent une partie de l'énergie de la réaction pour satisfaire leurs besoins énergétiques et sont capables d'absorber le carbone inorganique dissous pour synthétiser leurs propres structures organiques. L'activité de ces bactéries est responsable du faible niveau de l'ammonium et du nitrate dans les eaux normalement oxygénées (Aminot *et al*, 2004).

### II.3.5. La dénitrification

L'ammonification est la principale réaction d'oxydation de la matière organique ; cette réaction utilise l'oxygène comme accepteur terminal d'électrons, ce qui implique que les organismes soient aérobies strictes (ce qui est le cas de la plupart des eucaryotes). Par contre, la plupart des bactéries s'avèrent très flexibles et sont capables d'utiliser une vaste gamme d'accepteurs d'électrons, comme le sulfate, le manganèse ou le fer. Pourtant, le premier accepteur d'électrons généralement utilisé par les bactéries marines est le nitrate dans un processus appelé la **dénitrification** ; dont le rendement énergétique est largement supérieur à ceux des réactions utilisant d'autres oxydants. (Aminot et Kerouel, 2004).

En se basant à nouveau sur la stœchiométrie d'Anderson (1995), la réaction de dénitrification hétérotrophe peut s'écrire :



La dénitrification intervient dans des eaux qui , pour des raisons hydrologiques sont dépourvues d'oxygène : mer noire, mer d'arabie,...etc. (Aminot *et al*, 2004).

Dans le micro-environnement , des déchets organiques servant de substrat à des colonies bactériennes et surtout , dans les sédiments riches en matière organique.

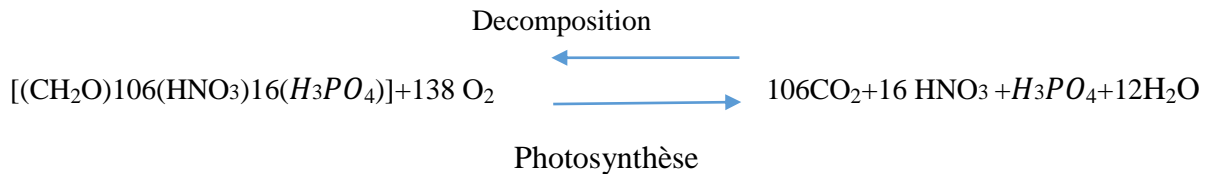
### II.4.1. Rapport de REDFIELD

L'assimilation phyto-planctonique et la régénération du carbone, de l'azote, du phosphore et de l'oxygène se font dans des proportions quasi constantes (Copin-Montégut, 1996).

Une relation existe entre l'oxygène et les éléments biochimiques. Cette relation est exprimée par les rapports biochimiques, dit de Redfield (Copin-Montégut, 1996):

$$\Delta\text{C}/\Delta\text{N}/\Delta\text{P} / \Delta\text{O}_2 = 106/16/1/-138$$

Selon les vues de Redfield, la photosynthèse (ou la décomposition) du plancton produit (ou consomme) 138 moles d'O<sub>2</sub> par mole de P, selon le bilan réactionnel :



### II.4.2. Notion de facteur limitant

Lorsque des populations phyto-planctoniques se développent, elles consomment les nutriments minéraux dissous, et abaissent progressivement leurs concentrations à des niveaux auxquels il devient très difficile aux cellules de les puiser, ce qui ralentit fortement leur croissance. Les nutriments sont alors les « **facteurs limitants** » de la croissance algale (Aminot et Kerouel, 2004).

L'épuisement de l'azote ou du phosphore conduit à l'arrêt de la croissance du phytoplancton, mais l'épuisement du silicium ne limite que la croissance des diatomées.

Lorsque les concentrations des nutriments diminuent, seules les populations de petites cellules se développent car leur plus grand rapport surface/volume leur permet de mieux utiliser les faibles concentrations (Aminot.A et al, 2004). Le rapport atomique moyen de l'azote par rapport au phosphore (N/P), est utilisé pour évaluer l'élément potentiellement limitant. Un rapport N/P de la biomasse du phytoplancton est de **16/1**, si le N/P supérieur à 16 dans l'eau, indique un excès d'azote dont une limitation par le N/P en mer méditerranée est proche de 20 dans sa partie orientale et de 22 dans sa partie occidentale.

## I.5. Production primaire

### I.5.1. Définition

C'est la production de la matière vivante par les organismes autotrophes (producteurs primaires) en élaborant leurs propres substances. Elle traduit une vitesse à laquelle se forme une quantité de la matière organique par unité de temps à partir de la matière minérale (les sels nutritifs, oligo-éléments) et d'un apport énergétique (énergie solaire, énergie chimique, ...etc.). (Boulaïdid, 2006).

La production primaire se caractérise par deux types qui sont :

**Production Brute (PB) :** C'est la production due à la photosynthèse en présence de la lumière et des éléments minéraux nécessaires pendant un certain temps : **P = mg C/h**

Cette production varie en fonction des facteurs du milieu (la lumière, les sels minéraux, les oligoéléments ...). (Boulaïdid, 2006).

**Production Nette (PN) :** En plus de la photosynthèse, le métabolisme des cellules végétales exerce d'autres activités telles que : la respiration :



Et les excréments de molécules organiques. De ce fait la production photosynthétique subit une perte par dégradation métabolique et il en résulte une production nette et correspond à la photosynthèse apparente. (Boulahdid,2006).

$$\text{PN} = \text{PB} - \text{pertes métaboliques}$$

### II.5.2. Chlorophylle

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral. Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles *a*, *b*, *c1*, *c2* et *d*.

Elle est prépondérante dans les chloroplastes et constitue le centre réactionnel des photosystèmes I et II. Elle capture l'énergie lumineuse avec des maxima d'absorption entre 400 et 500nm et entre 600 et 700nm (Vera, 2005).

La chlorophylle est considérée comme l'un des pigments photosynthétiques de base. C'est la raison pour laquelle on l'utilise pour l'estimation de la biomasse phytoplancton qu'ainsi pour celle de la production primaire (Le Gal *et al.* 1988).

Il existe plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylle *a*, *b*, *c*, carotène, phycocyanine, xanthophylle) mais le pigment le plus commun est la **chlorophylle a**, car on la retrouve dans toutes les plantes, les algues et les cyanobactéries.

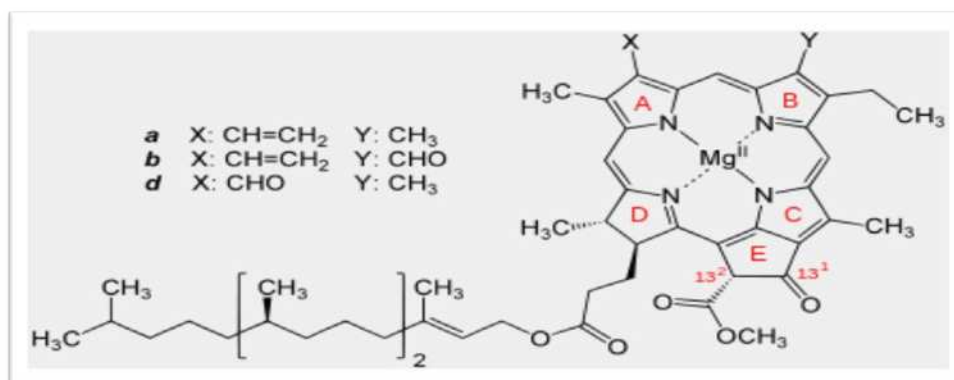


Figure1.4 : Structure chimique de la chlorophylle.

#### II.5.2.1. La chlorophylle a

C'est le pigment qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phyto-planctonique (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

### II.5.2.2. Les phéopigments

Les phéopigments sont les produits de la dégradation des pigments chlorophylliens (**Bouget, 2008**).

Dans les milieux strictement marins, les phéopigments (groupes de pigments chlorophylliens) résultent du broutage et de la dégradation de cellules et, par conséquent, ne sont pas physiologiquement actifs.

La mesure des phéopigments est utilisée comme critère de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques, plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à la chlorophylle *a*, plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton.

Les phéopigments sont rarement absentes dans les eaux côtières et toujours présentes en eaux estuariennes turbides (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La mesure de la concentration de chlorophylle *a* est donc utilisée pour estimer la biomasse phytoplanctonique dans la mesure où la synthèse organique d'origine végétale ne peut se faire qu'en passant par l'intermédiaire de ce type de chlorophylle (**Bricaud et Morel, 1987**).

## II.6. Eutrophisation

Elle est définie comme : l'élévation du taux de la production primaire et l'accumulation de la matière organique, résulte habituellement d'un apport excessif en nutriment, ce qui a pour conséquence une baisse de l'oxygène dans le milieu entraînant un changement indésirable des écosystèmes.

Elle est susceptible d'être aggravée là où les rivières déversent surtout quand celles-ci charrient des fertilisants.

Les effets négatifs peuvent se produire si l'augmentation en éléments nutritifs est au-dessus de la capacité du système à absorber la production phyto-planctonique.

Le changement climatique et l'apport accru en éléments nutritifs rendront les écosystèmes côtiers plus susceptibles au développement de l'hypoxie par la stratification augmentée, la solubilité diminuée de l'oxygène, l'accélération des métabolismes et l'augmentation du taux de reminéralisation, et la production importante de la matière organique. Tous ces facteurs liés au changement global peuvent progressivement avoir comme conséquence un début de l'hypoxie plus tôt dans la saison et probablement une durée prolongée de l'hypoxie.

### II.6.1. Conséquences de l'eutrophisation sur le milieu marin

L'extrême abondance du phytoplancton, empêchant toute photosynthèse sur une épaisseur de plusieurs mètres au-dessus du fond et provoquant une intense respiration puis une dégradation aérobie du phytoplancton. Dans le cas où le réapprovisionnement en oxygène de l'air n'est pas assuré par le brassage suffisant de la tranche d'eau, par exemple parce qu'une stratification haline ou thermique s'est établie, l'anoxie peut intervenir en quelques heures et asphyxier la faune benthique (**Lacaze J.C., 1996**).

La pullulation de certaines espèces phyto-planctoniques pose actuellement des problèmes du fait de la toxicité de plusieurs d'entre elles vis-à-vis de la faune marine en constitue un risque pour la santé humaine, les données existantes accréditent l'idée que les espèces toxiques, particulièrement les Dinoflagellés, ont vu leur abondance croître récemment dans les eaux côtières, préférentiellement dans des zones soumises à des enrichissements en sels nutritifs (**Lacaze J.C., 1996**).

*Zones d'études*

# Chapitre 2 : Zones d'études

## I. Présentation des zones d'études

Notre zone d'étude s'étend de l'ouest de la côte algéroise jusqu'à l'Est où nous avons balayées les trois baies « Bou-Ismaïl, Alger, Zemmouri ».

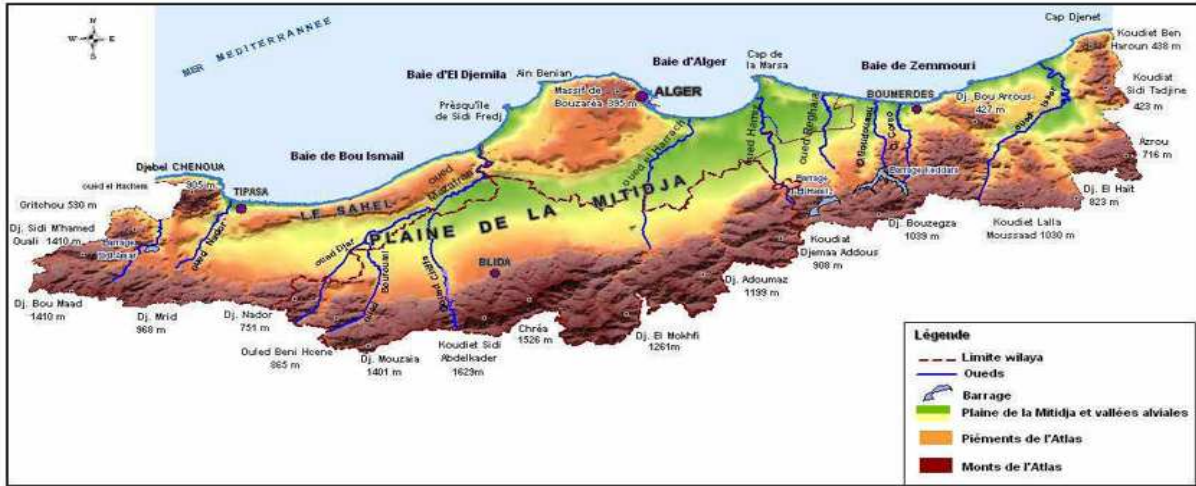


Figure 2.1 : Situation géographique de la côte algéroise (P.A.C, 2005).

### I.1. Baie de Bou Ismaïl

#### I.1.1. Situation géographique

La baie de Bou Ismaïl (ex Castiglione) se situe dans la partie centrale du littoral algérien.

Elle est délimitée à l'Ouest par le cap du Mont Chenoua [ $36^{\circ}.37'54.13''N - 2^{\circ}24'13.42''E$ ] ET elle s'étend jusqu'au cap Caxine (Ras Acrata) dans la baie d'El Djemila, ou elle est interrompue par la presqu'île de Sidi Fredj à l'Est [ $36^{\circ}48'15.98''N - 2^{\circ}53'44.16''E$ ]. Ayant un plateau continental de 509 km<sup>2</sup>,

Cette baie est très ouverte et fortement soumise aux influences du large. Son ouverture atteint les 47 km, elle est orientée du Sud-ouest vers Nord-Est (Dagorne, 1973).



Figure 2.2 : Situation géographique de la baie de Bou Ismaïl (Google Earth, 2014).

## Chapitre 2 : Zones d'études

---

### I.1.2. Topographie de la baie

Le plateau continental est d'une manière générale très étroit selon (Vaissiere et Fredj ,1963). Sa limite la plus extrême est au niveau du mont Chenoua atteint les 7 milles. Ainsi, sa surface est de 509 km<sup>2</sup> (Zeghdoudi, 2006). Il est caractérisé par une faible déclinaison de l'ordre de 1% (Asso, 1982).

### I.1.3. Réseau hydrographique

Les principaux oueds qui se jettent dans la baie de Bou Ismaïl sont :

- Oued Nador (baie du Chenoua);
- Oued Mazafran;
- Oued Beni Messous en baie d'El Djamila.

**I.1.3.1. Oued Mazafran :** Il est considéré comme étant le plus important des oueds qui débouche dans la baie de Bou-Ismaïl, formé par la réunion des Oueds Chiffa, Oued Djer et celui de Bouroumi (Braïk, 1989).

Il débouche au niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zéralda. Son débit moyenne est estimé à environ 7,566 m<sup>3</sup> /s (A.N.R.H, 2003).

Le régime hydrographique de cet oued est marqué par un long étiage de juin à début décembre avec des débits représentant 17.38% du débit liquide annuel. Entre décembre et avril, ces débits sont de 82.61%.

**I.1.3.2. Oued Nador :** Il présente un bassin versant côtier d'une superficie de 200 à 300 km<sup>2</sup> (Braïk, 1989), il est situé dans la partie occidentale de la baie, et débouche sur la petite baie De Chenoua.

Cet Oued regroupe les Oueds Bou Yersen, Bou Haroun et Oued Merad. Son débit est de 0.89 m<sup>3</sup>/s débouchant entre Djbel Chenoua et Tipaza (A.N.R.H, 2003).

**I.1.3.3. Oued Beni Messous:** Il est situé entre El Djamila et club des pins, traverse les communes de Beni Messous et Chéraga au Nord, de Bouzaréah au Nord-Est, Dely Brahim à l'Est, Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée "les Dunes " qui fait partie de la baie d'El Djamila.

Son débit est faible par rapport aux deux autres oueds, il est estimé à 0.245 m<sup>3</sup>/s (A.N.R.H, 2003).

### I.1.4. Les facteurs hydrodynamiques

#### I.1.4.1. Les vents

Selon le rapport du Laboratoire des Etudes Maritimes (LEM, 1998), les vents sont générateurs de vagues et courants, leur impact croît avec leur vitesse. Lorsque l'action du vent est continue, elle génère de la houle.

Les résultats des observations effectuées par l'US Naval Weather Service Command au large des côtes d'Alger, notent l'existence de deux périodes distinctes :

## Chapitre 2 : Zones d'études

---

- **Une période hivernale :** (Octobre à Mars) avec des vents dominants de secteur Ouest et Nord-Ouest, avec des fréquences allant de 60 à 88% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour le secteur Nord-Ouest.
- **Une période estivale :** (Avril à Septembre) avec des vents dominants de secteur Est et Nord-est, avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord Est.

### I.1.4.2. Les houles

La houle : c'est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds. La direction de propagation de la houle est liée à celle du vent et la longueur d'onde de la houle.

Les houles dominantes dans la baie de Bou-Ismaïl sont de direction Ouest Nord-Ouest et Nord Est.

- En hiver les houles les plus importantes sont d'origine Ouest et Nord-ouest avec des amplitudes de 2 à 2,5 m (**Kadari-Meziane, 1994**). Elles engendrent des courants de retour dès leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants prennent avec eux les sédiments côtiers vers le large (**Hadouche, 2003**).
- En été les directions sont de l'Est et Nord-est avec des amplitudes généralement plus faibles de 0,5 à 1,5 m (**Braïk, 1989**). Elles entraînent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-ouest, dès leurs arrivées tangentiellment à la côte.

### I.1.4.3. Courantologie

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire, ils participent dans l'évolution de la morphologie côtière en conduisant à des ensablements, des envasements et des érosions.

#### I.1.4.3.1. Les courants généraux

La côte algérienne est traversée par un courant général dénommé **courant Algérien**, résultant d'un écoulement d'eau atlantique à travers le détroit de Gibraltar, le courant Algérien pénètre sous forme de veine et circule d'Ouest en Est, de 1° et 2° Est, il donne naissance à des méandres et des tourbillons côtier (50-100 km) associés à des upwellings (**Millot et al, 1990**).

#### I.1.4.3.2. Les courants côtiers

En absence de courants permanents ou de marées suffisamment importantes, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont à peu près les seuls à agir sur la sédimentation actuelle (**Caulet, 1972**), et ils ont répertoriés deux types de courants :

- a) **Les Courants d'entraînements :** sont provoqués par les mouvements des masses d'eaux dans le sens de propagation des houles, ils sont aussi à l'origine des apports sédimentaires lors de son déploiement à la côte notamment ceux en suspension, donc ils participent d'une façon active dans la sédimentation actuelle.
- b) **Le courant de retour :** participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eaux déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

## Chapitre 2 : Zones d'études

---

### I.1.4.3.3. Les courants de la dérive littorale

Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte, et dans l'alimentation des plages en sable et en galets. Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique, elle donne naissance à un courant de dérive littorale, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60° (L.E.M., 2005).

Dans la baie de Bou Ismail l'orientation des courants côtiers résulte de l'effet combiné des houles dominantes et de l'orientation de la côte. Ces paramètres permettent d'identifier l'hydrodynamisme côtier dans la zone d'étude.

### I.1.5. Climatologie

La baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat subhumide et une périodicité des vents. La période hivernale se caractérise par une baisse de la température à environ 16° C et une précipitation moyenne de 89,49 mm, alors que la période estivale se caractérise par une température moyenne de 29 °C avec des précipitations très faibles et un pourcentage d'humidité toujours à 60 %.

Les précipitations sur l'ensemble du territoire se présentent d'une manière assez diverse, d'une part par leurs causes, et d'autre part par les quantités recueillies. Elles diminuent d'Est en Ouest et du Nord au Sud (ONM, 2010).

Deux groupes dominants sont distingués en période des vents (Lalami-Taleb, 1970 et Samson-Kechaka) :

- Vents de secteur Ouest : de 2 m/s en moyenne, et dominant de Novembre en Avril ;
- Vents de secteur Est : de plus de 2 m/s en moyenne, dominant de Mai en Octobre.

### I.1.6. Hydrodynamisme

L'origine du courant Algérien, qui vient coller les côtes maghrébines à environ 0° de longitude, provient des eaux atlantiques qui pénètrent à travers le détroit de Gibraltar (Taupier-Letage, 1988).

Ce courant, allant d'Ouest en Est, provoque des remontées d'eau importantes à cause de ses tourbillons anticycloniques qui atteignent un diamètre de 100 à 200 km (même plus) avec des courants mobilisant une couche qui peut aller jusqu'à 200 m de profondeur, phénomène qui se produit plusieurs fois par an sur une grande partie du bassin Algérien (Millot et Taupier-Letage, 2005).

Les remontées d'eau, ou upwellings, provoqués soutiennent une remarquable richesse biologique à cause de la remise en suspension des nutriments du fond (Collignon, 1991).

### I.1.7. Sources de pollution

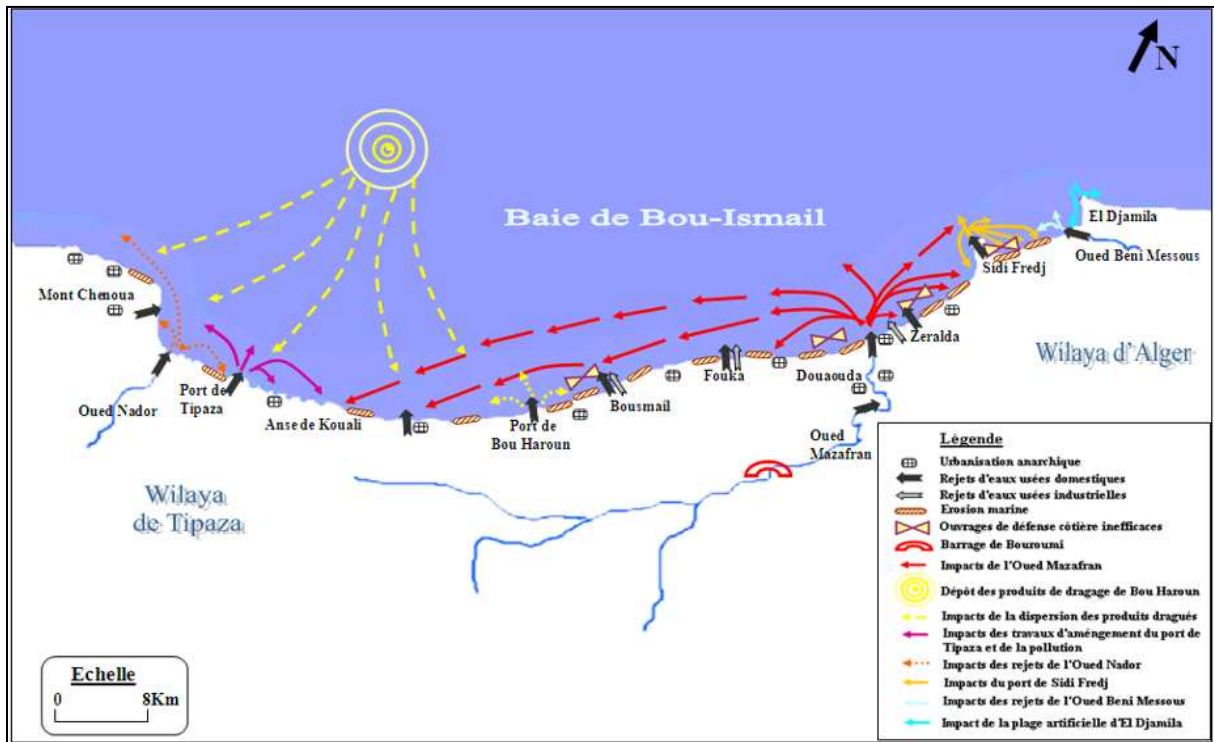
La région de Bou Ismail : est une zone à forte activité touristique, soumise à de nombreuses activités agricoles et industrielles ; provoquant des problèmes de pollution principalement de type domestique et agricole.

D'après l'ANIREF (2013), la population de la wilaya de Tipaza est estimée à 630.183 habitants en fin 2012, ce qui nous donne une idée sur les pollutions potentielles :

- ✓ Eaux usées domestiques de zones urbaines ;

## Chapitre 2 : Zones d'études

- ✓ Agglomérations des complexes touristiques ;
- ✓ Thalassothérapie à Sidi Fredj ;
- ✓ Ports localisés sur les côtes de la baie :
  - Port de Bou Haroun ;
  - Port de Khemisti ;
  - Port de Tipaza ;
  - Port de Sidi Fredj.



**Figure 2.3.** Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail (Al Sid Cheikh et al., 2009).

### I.2. Baie d'Alger

#### I.2.1. Situation géographique

La baie d'Alger est située dans la partie centrale de la côte Algérienne.

Elle s'inscrit en creux dans la plaine de Mitidja de forme semi-circulaire d'une superficie approximative de l'ordre de 180 Km<sup>2</sup>, délimitée par deux caps, la Pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest, et le cap Matifou (Bordj El-Bahri) à l'Est. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée avec une longitude Est 03°.14'.50 à 03°.00'.40 et une latitude Nord 36°.49'.35 à 36°.49'.50 (Bachari, 2009).

## Chapitre 2 : Zones d'études



Figure 2.4. Situation géographique de la baie d'Alger (Google Earth, 2016).

### I.2.2. Géomorphologie

Le plateau continental de la baie d'Alger est large d'environ 9 km. Cependant, aux deux points extrêmes de la baie, on constate qu'il se réduit à une largeur maximale de à 1 km. Le fond de la baie est en pente douce uniforme de l'isobathe 0 m à celle des 100 m (PAC., 2004).

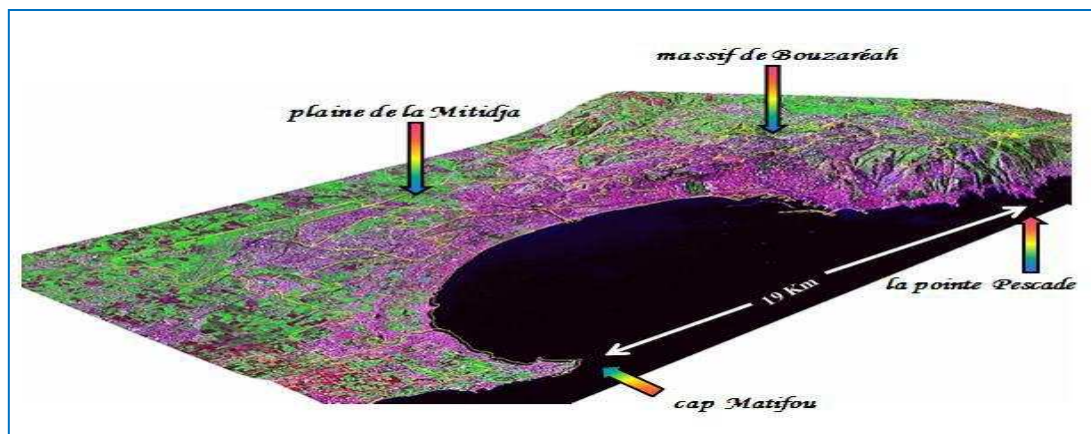


Figure 2.5. La délimitation de la baie d'Alger (PAC, 2004).

### I.2.3. Réseau hydrographique

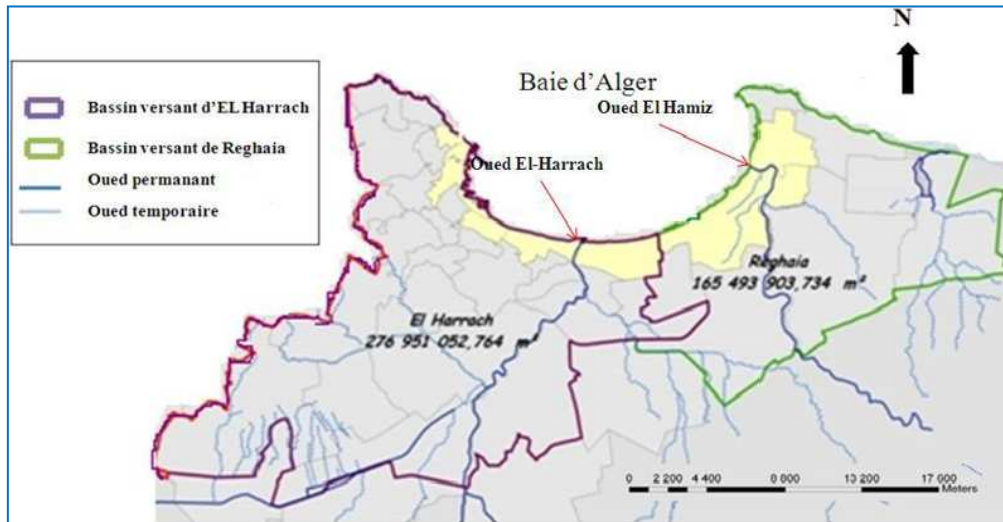
La baie d'Alger est le réceptacle de deux principaux Oueds à régime très irrégulier « Oued El Harrach et Oued El Hamiz », ces cours d'eau prennent leur source dans l'atlas Blidéen et traversent la plaine de la Mitidja avant de déboucher en mer. Le régime hydrographique de ces oueds se caractérise par un long étiage de 6 mois et des crues observés surtout en hivers et rarement au printemps. (Madi F.,2009).

**I.2.3.1. Oued El Harrach :** Il est situé dans le bassin côtier de l'Algérois qui couvre une superficie de 1236.28 km<sup>2</sup> et qui s'étend sur 51 km du sud au nord et 31 km d'Est en ouest. Son bassin versant couvre une superficie 970 km<sup>2</sup>, il englobe en plus d'oued El Harrach lui-même les oueds Djemââ, Semar à l'Est et Terro à l'Ouest.

## Chapitre 2 : Zones d'études

C'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. à ces facteurs d'érosion s'ajoute le caractère torrentiel de l'oued, qui en faveur d'une forte érosion et d'un alluvionnement important. (LEM, 1999). Le bilan des écoulements moyens annuels est de 5.4 m<sup>3</sup>/s (Madi, 2009).

**I.2.3.2. Oued El Hamiz :** La superficie du bassin versant est de 160 km<sup>2</sup>, son embouchure se situe près du cap Matifou. La présence du barrage El Hamiz en amont réduit considérablement les apports solides venant en mer (LEM, 1999). Ses principaux affluents sont : oued Segia et oued Barek (Madi, 2009).



**Figure 2.6.** Le réseau hydrographique de la baie d'Alger (Madi, 2009).

### I.2.4. Facteurs hydrodynamiques

#### I.2.4.1. Les houles

D'après Leclaire (1972), le régime saisonnier se caractérise par deux directions privilégiées :

- **En hiver :** Les houles prédominantes sont W.N.W (pour plus de 80 %) avec une période moyenne de 8 à 9 secondes. Des périodes pouvant atteindre parfois 13 secondes ont été relevées lors des grandes tempêtes.
- **En été :** La houle de direction N.N.E. se caractérise par une période moyenne plus faible de 6 à 7 secondes et des amplitudes moins élevées de 0.5 à 1 m. 50 % de ces houles ont une période de 6 à 9 secondes et n'atteignent que très rarement 3 m d'amplitude.

#### I.2.4.2. Les courants

**I.2.4.2.1. Les courants généraux :** Il existe un courant général rentrant par le détroit de Gibraltar et se dirige vers l'Est. Ce courant reste généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1 m/s au large des côtes Algérienne, (LEM., 2006).

**I.2.4.2.2. Les courants côtiers :** Le sens et l'intensité de ces courants sont en fonction de l'amplitude, de l'incidence de la houle par rapport à la côte, de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie des sédiments.

## Chapitre 2 : Zones d'études

En prenant les informations de plus de 8000 observations enregistrées par le Koninklyk Nederland Météo- Logisch Institut (**KMNI**), les courants côtiers les plus significatifs sont dus à la houle.

Les courants le long des côtes Algériennes sont généralement faibles en direction Ouest et Est. Selon la même source, les courants côtiers dominants (environ 75% du temps) ont une vitesse de 0.25m/s, et 24% de temps, la vitesse est inférieure à 0.5 m/s, Seulement 1% du temps la vitesse est supérieure à 1m/s (**Amarouche,2012**).

**I.2.4.2.3. Les courants de dérive littorale :** La dérive littorale est présente lorsque la houle atteint la côte avec une certaine obliquité. La vitesse du courant est maximale pour un angle d'incidence de  $50^{\circ}$  à  $60^{\circ}$ . Lorsque la houle est oblique, le jet de dérive se fera dans la direction de la propagation. Par contre, le retrait des eaux se fera dans le sens de la plage (**Amarouche,2012**).

**I.2.4.2.4. Les courants de retour :** Il est correspondu à une zone de flot de retour à partir du courant existant au lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large.

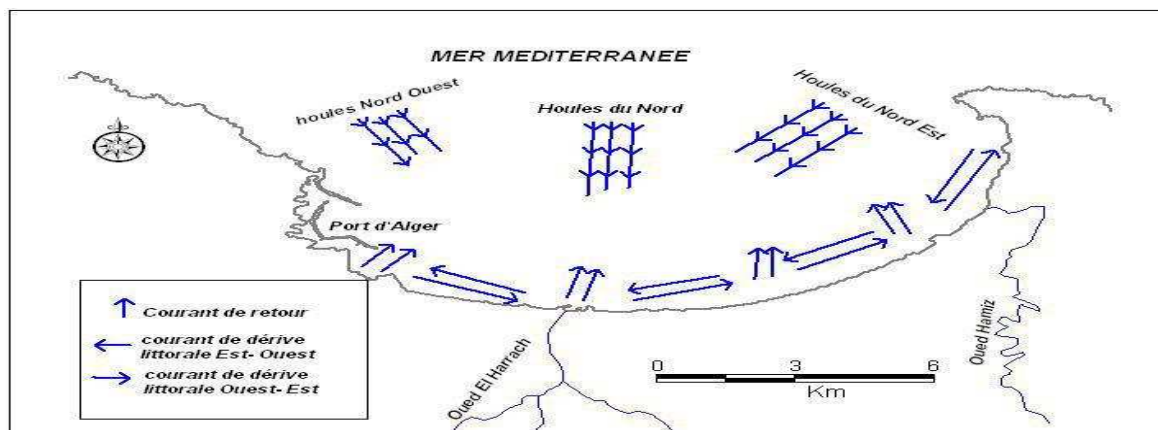


Figure 2.7. Bilan des courants dans la baie d'Alger (**LEM, 1998**).

### I.2.5. Facteurs météorologiques

**La température :** La région algéroise en générale et celle de la baie d'Alger en particulier, selon **LEM (2006)**, se distingue par deux périodes dans le cycle saisonnier annuel :

- ✓ La première est chaude : elle s'étale de mai à octobre avec un maximum en Août ( $39,2^{\circ}\text{C}$ ) ;
- ✓ La seconde est relativement froide : elle couvre les autres mois de l'année avec un minimum en février ( $3^{\circ}\text{C}$ ).

**Pluviométrie :** Les précipitations sur la région varient de 600 à 1000 mm et tombent en 80 jours en moyenne. Elles sont très irrégulièrement réparties à l'échelle annuelle. On observe une croissance rapide de la pluviosité de septembre à décembre puis une décroissance plus lente jusqu'en juin et enfin des pluies quasiment nulles en juillet et en Aout (**LEM., 2006**).

## Chapitre 2 : Zones d'études

**Les vents :** Selon MAOUCHE (1987), Le régime et la vitesse des vents dans la région d'Alger sont caractérisés par :

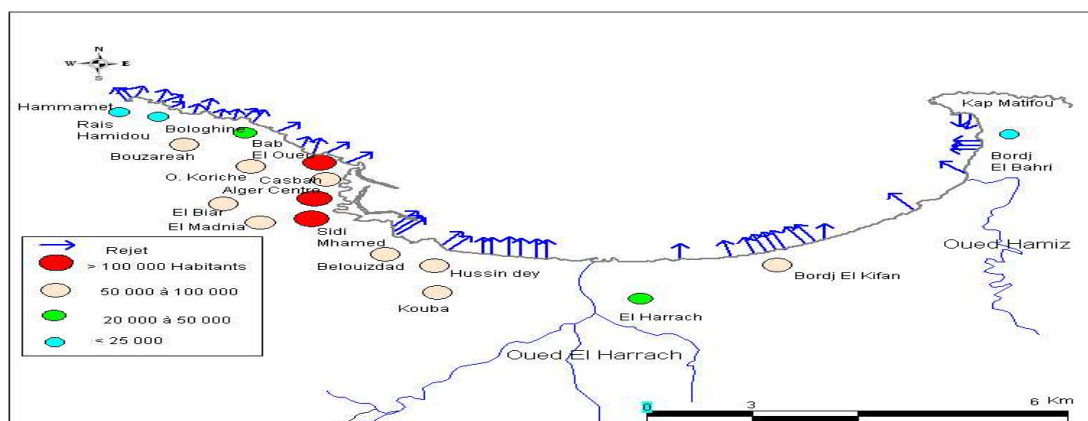
- ✓ Des vents de secteur NE : qui sont les plus fréquents et mieux marqués en été, leur vitesse se répartisse entre 1 et 30 nœuds.
- ✓ Des vents de secteur W-SW : sont bien représentés eux aussi, soufflent principalement en hiver, de 6 à 10 nœuds.
- ✓ Des vents de secteur S-SE : qui sont les moins représentés, ils sont marqués en automne et en hiver, leur vitesse est de 6 à 10 nœuds.

### I.2.6. Sources de pollution

Tout le long de son pourtour et plus particulièrement dans sa partie Ouest, La baie d'Alger reçoit les rejets urbains, industriels et portuaires de l'agglomération algéroise et des communes environnantes. En effet parmi les zones urbanisées et/ou industrialisées, nous pouvons citer entre autres :

- **Hussein Dey** : zone principalement soumise aux rejets urbains et à l'influence des activités portuaires (Houma-Bachari, 2009).
- **El Harrach** : son débit en période de pluie est de  $1000\text{m}^3/\text{s}$  (LEM, 1998). Le bilan des écoulements moyens annuels est de  $5.4\text{m}^3/\text{s}$ . Ce dernier reçoit tous les rejets urbains, industriels et agricoles, qui influent sur la qualité physico-chimique et microbiologique du milieu marin de la baie d'Alger, ainsi il provoque la rupture de l'équilibre du milieu naturel (Houma-Bachari, 2009).
- **Bordj El Kiffan** : Située à une dizaine de kilomètre à l'Est d'Alger, ce secteur connaît un développement industriel et urbain qui l'expose à une pollution assez accentuée selon le sens du courant et par l'influence des oueds El-Harrach et El-Hamiz (Houma-Bachari, 2009).

Le grand Alger se caractérise par une population importante, comme il forme l'une des plus grandes unités urbaines et industrielles du pays. Celle-ci déverse ses eaux usées urbaines et industrielles directement (émissaires urbains) ou indirectement (oued El-Harrach et le port d'Alger).



**Figure 2.8.** Population et principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger (PAC, 2005).

## Chapitre 2 : Zones d'études

### I.3. Baie de Zemmouri

#### I.3.1. Situation géographique

La baie de Zemmouri (ex baie de Courbet), s'étale sur un linéaire côtier d'environ 17 km. Elle se situe à l'est de la baie d'Alger. Très largement ouverte vers le nord, elle est limitée à l'ouest par Courbet marine et à l'Est par le Cap Djinet (36° 53' Nord et 3° 45' Est).

Il est à noter l'existence d'un Promontoire rocheux d'environ 100 m le long du trait de côte (Rocher Noir).

Le littoral est caractérisé par l'alternance des plages qui sont des accumulations de matériaux, comprenant sable fin, galets, graviers, issues soit de l'érosion des roches par la mer, soit par le drainage des matériaux érodés en amont par les Oueds (**Ferrani et Chehaima, 1998**).

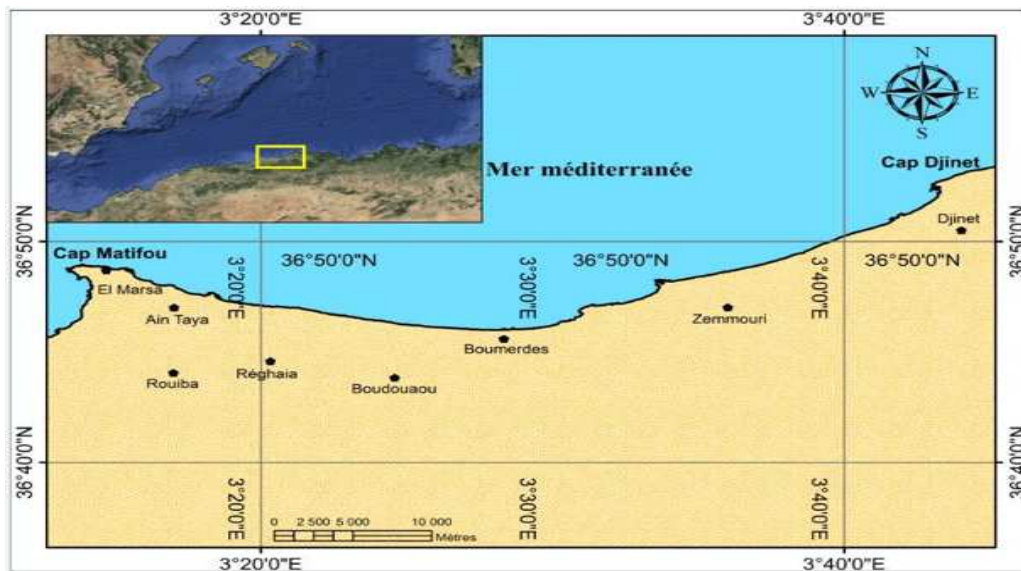


Figure 2.9. Situation géographique de la baie de Zemmouri (**Guidou O., Touzi W., 2016**)

#### I.3.2. Réseau hydrographique

Au niveau de cette baie se déversent une multitude d'oueds de nature et d'importances variables, ceux-ci entraînent des apports plus ou moins importants le long des côtes de la baie.

Ces apports actuels peuvent provenir de deux systèmes différents :

- **Le système Est** : qui est celui de l'Oued Isser, l'un des plus importants Oueds en Algérie, il a un grand bassin versant transportant sur une grande distance des matériaux variables (débris solides) : vases, limons, minéraux solides et légers, matières organiques...).
- **Le système Ouest** : qui est celui des petits oueds côtiers situées à l'ouest de Zemmouri El Bahri (courbet marine) : Oued.Boudoua ou, Réghaia ,Boumerdes et .Safsaf, qui ont des débits moins importants et de court réduit, mais drainant principalement des régions à faciès cristallins , des apports (surtouts pour les deux derniers oueds) de sables à minéraux variés (**Lokmane, 1993**).

## Chapitre 2 : Zones d'études

---

### I.3.3. Climatologie

Le site de Zemmouri est caractérisé par un climat de type Méditerranéen, caractérisé par une sécheresse estivale qui est relativement longue. Toutefois il existe toujours un contraste entre la saison froide qui est humide et la saison chaude avec un été sec.

- **La température** : La moyenne des minima (m) du mois le plus froid est de 5,9° C enregistré durant le mois de Janvier, la moyenne des maxima (M) du mois le plus chaud enregistré durant le mois d'Août est de 31,8° C.

On constate que les amplitudes thermiques (M-m) sont relativement faibles et comprises entre  $9,1 < M-m < 11$  (Ferrani et Chehaima, 1998).

- **Les précipitations** : Faisant face aux vents humides, Zemmouri est très arrosée durant la saison hivernale, cependant les pluies sont irrégulières et relativement faibles pour le reste des saisons. La pluviométrie majeure annuelle « p » varie de 579 mm (Bordj-El-Bahri) à 816 mm à Thénia (Ferrani et Chehaima, 1998).
- **Le vent** : C'est un facteur climatique important qui joue un rôle primordial par sa fréquence et sa force, il intervient dans le transport des particules ainsi que la provocation de la houle et son déferlement.

Cette baie est marquée par la prédominance des vents qui soufflent du Nord et du Nord-Est en Été, et des vents du Sud-Ouest, d'Ouest et du Nord-Ouest en hiver (ONM, 1984).

### I.3.4. Facteurs hydrodynamiques

#### I.3.4.1. La houle

La baie de Zemmouri est soumise à l'action des houles de deux directions principales du vent

- Les houles de Nord-est sont les plus fréquentes surtout en période estivale ;
- Les houles du Nord-Ouest sont les plus actives sur les côtes (LEM, 1989).

#### I.3.4.2. Les courants

**I.3.4.2.1. Les courants de dérive littorale** : Dans le cadre général des houles de petite et moyenne amplitude, ces courants ne sont notables que dans la zone de déferlement.

Ils assurent donc le transport latéral (dérive latéral) et la dispersion des sables et des graviers de la frange littorale (fond de -10m). Les houles de fortes amplitudes peuvent agir jusqu'à des fonds de (-40m à -60m).

Le courant de dérive littorale est la résultante au rivage de tous les mouvements d'eau dirigés vers la terre et qui sont obliques, ils ont donc une direction à la ligne de rivage et ils sont d'autant plus importants que l'angle d'incidence est plus grand.

La dérive littoral Nord-Est est la plus active, elle est à l'origine d'énormes transports littoraux acheminés depuis l'Oued Sebaou vers l'Ouest pour former les plages de Zemmouri et le Cap Blanc.

## Chapitre 2 : Zones d'études

---

**I.3.4.2.2. Les courants de retour :** Ils sont le produit de plusieurs facteurs météo-marins comme :

- L'incidence normale des vagues qui sont ensuite réfléchies vers le large ;
- La surcote ;
- Les courants de downwelling côtiers.

**I.3.4.2.3. Les courants permanents :** Du courant Atlantique dirigé de l'Ouest vers l'Est, se détache une branche secondaire qui s'incurve vers le fond de la baie et semble donner naissance à un contre-courant qui longe la côte, il remonte ensuite vers le Nord pour rejoindre le courant Atlantique.

**I.3.4.2.4. Les courants de surface :** Ces différents courants n'agissent pas séparément, ils se combinent entre eux en augmentant ou diminuant, selon le cas, leur vitesse, ainsi le courant permanent peut être perturbé en surface de dérive littorale par le vent de terre, les eaux littorales sont entraînées vers le large. Contrairement aux courants de dérive littorale et aux contre courants Atlantiques qui conditionnent toute la dynamique littorale, les courants dus aux vents n'ont un rôle que dans la dispersion des particules fines en suspensions.

Dans la région de Boumerdes des mesures de courant ont fait l'objet d'études dans la mer près de Zemmouri El Bahri (**Institut Danois d'Hydraulique**), des observations au large ont été effectuées chaque trois jours durant une période de neuf mois. Ils en ressortent que les courants de surface près de Zemmouri ont une direction vers l'Est, la plus grande vitesse est de 0,35 m/s. Elle fut dépassée de deux fois mais en général, les vitesses sont inférieures à 0,10 m/s.

**I.3.4.2.5. Les courants côtiers :** Dominants sont de l'Est vers l'Ouest à partir de Cap Djinet jusqu'à Boumerdes où la dominance est du sens contraire, créant un courant de retour.

Les mesures couranto-métriques sont justifiées par l'orientation des embouchures des cours d'eau :

- Oued Isser est orienté vers l'Ouest ;
- Oued Réghaia est orienté vers l'Est.

***Matériels et  
méthodes***

### I. Travail réalisé en mer

Dans le but de déterminer les caractéristiques physico-chimiques, l'évaluation de la contamination chimique de l'eau et le contrôle de la qualité des zones concernées, ainsi que le suivi des tendances temporelles et spatiales à moyen et à long terme des zones marines côtières en relation avec les pressions anthropiques et/ou les changements climatiques dans le secteur centre de la côte algérienne entre les isobathes 20 à 100 m, des travaux en mer ont été réalisés à bord du navire de recherche « **GRINE BELKACEM** » dans le cadre d'une mission pluridisciplinaire Août 2017, par l'équipe de recherche de la campagne (**SPHyCENTRE-2017**) du CNRDPA avec la participation de quatre institutions dont l'ENSSMAL a contribué dans cette campagne océanographique.

Au cours de cette mission, les paramètres physico-chimiques (T°, S, conductivité, PH, oxygène dissous, et turbidité) ont été mesurés à bord du navire, alors que les échantillons d'eau de mer destinés à la mesure des sels nutritifs, la chlorophylle, et les MES ont été conservés pour l'analyse au laboratoire.

#### I.1.Choix et localisation des stations de prélèvement

Le choix des stations de prélèvement durant cette campagne n'a été pas fortuit, une carte a été établie au préalable (voir annexe 2), en prenant en compte les points chauds et les plus sensibles à la pollution des eaux ainsi que des sources potentielles de pollution (Oueds et rejets d'eau) tout le long du littoral Algérois.

#### I.2.Stratégie de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués à deux niveaux différents de profondeur en surface, et au fond (entre 10 et 70 m) dans la zone allant du Béni Haoua à l'Ouest jusqu'au Cap Carbon à l'Est, pour des raisons pratiques (méthodologiques et objectives).

La zone a été divisée en 5 sous zones de façon à quadriller l'ensemble de la zone d'étude. Notre étude s'intéresse à la zone Algéroise avec ses trois (03) baies :

- **B : Baie de Bou Ismail ;**
  - **C : Baie d'Alger ;**
  - **D : Baie de Zemmouri.**
- Le nombre des radiales et des stations de prélèvement par région sont indiqués dans le tableau suivant :

**Tableau 3.1:** Le nombre des radiales et des stations de prélèvement par région.

Région	Localisation	Radiales	Echantillons
<b>B</b>	<b>Baie de Bou Ismail</b>	<b>07</b>	<b>17</b>
<b>C</b>	<b>Baie d'Alger</b>	<b>02</b>	<b>13</b>
<b>D</b>	<b>Baie de Zemmouri</b>	<b>03</b>	<b>11</b>
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>41</b>

### II. Localisation des stations de prélèvement

Les radiales et les stations ont été choisies suivant :

- ✓ Les sources potentielles de pollution (Oueds et émissaires d'eau) : Oued Mazafran , El Harrach et Reghaia,... etc.) ;
- ✓ Les infrastructures portuaires ; port de Bouharoun, la Madrague et celui de dellys, ...etc.) ;
- ✓ La localisation des activités industrielles, aquacoles et les zones de pêche, rejets de tonic, station de dessalement, El Hamma, ...etc.).

#### II.1. Tableau des stations de prélèvement

Lors des sorties en mer, les prélèvements d'eau ont été effectués en fonction des coordonnées géographiques et à des profondeurs bien déterminées au niveau de la cote algéroise selon le tableau suivant :

**Le tableau (3.2)** : présente la localisation de quelques points de prélèvements pour chaque baie de la côte algéroise, et les codes suivants signifient la baie appropriée ;

**BB** : Baie de Bou-Ismaïl ; **BA** : Baie d'Alger ; **BZ** : Baie de Zemmouri .

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

**Tableau 3.2.** Localisation des points de prélèvement.

Baie	CODE	Longitude	Latitude	Profondeur de Prélèvement (m)	
Baie de Bou Ismail	BB 1	02°45088E	36°41648N	2	
	BB 2	02°43850E	36°42361N	2	
				40	
	BB 3	02°38615E	36°40933N	2	
				70	
	BB 4	02°36433E	36°39272N	20	
				70	
	Baie d'Alger	BA 1	03°10 675E	36°45 813N	2
BA 2		03°08 083E	36°45735N	2	
BA 3		03°07994E	36°46896N	2	
				40	
BA 4		03°07756E	36°49292N	2	
				70	
Baie de Zemmouri		BZ 1	03°38505E	36°51909N	2
					40
	BZ 2	03°37164E	36°52953N	2	
				70	
	BZ 3	03°42 559E	36°53190N	1	
				20	
	BZ 4	03°11366E	36°48470N	2	
				40	

## II.1.1. Baie de Bou-Ismaïl

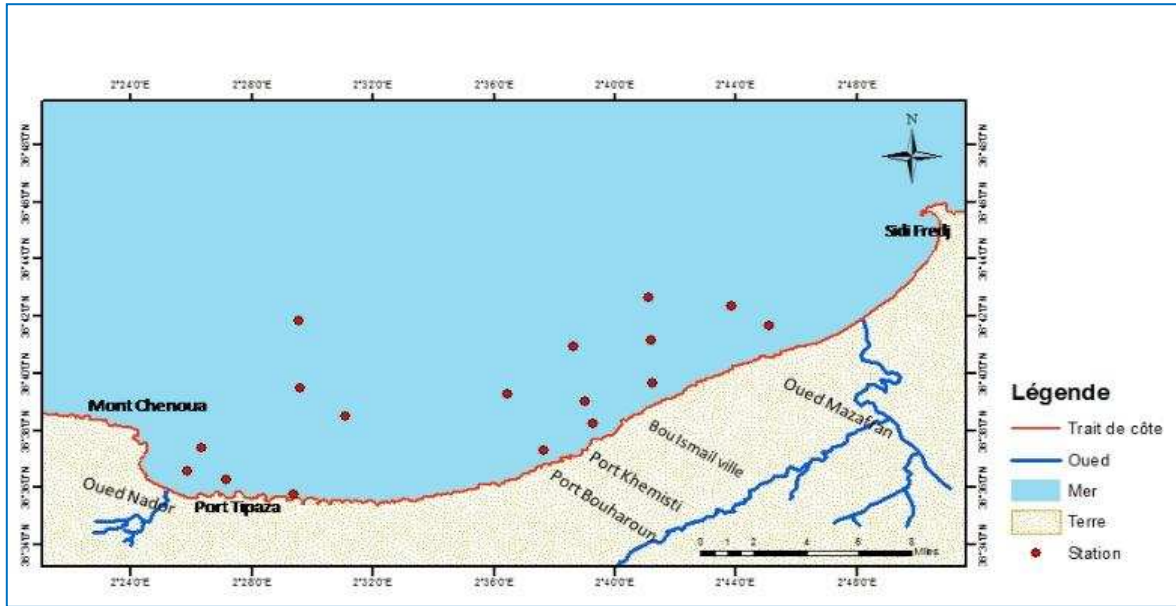


Figure 3.1: Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl.

## II.1.2. Baie d'Alger

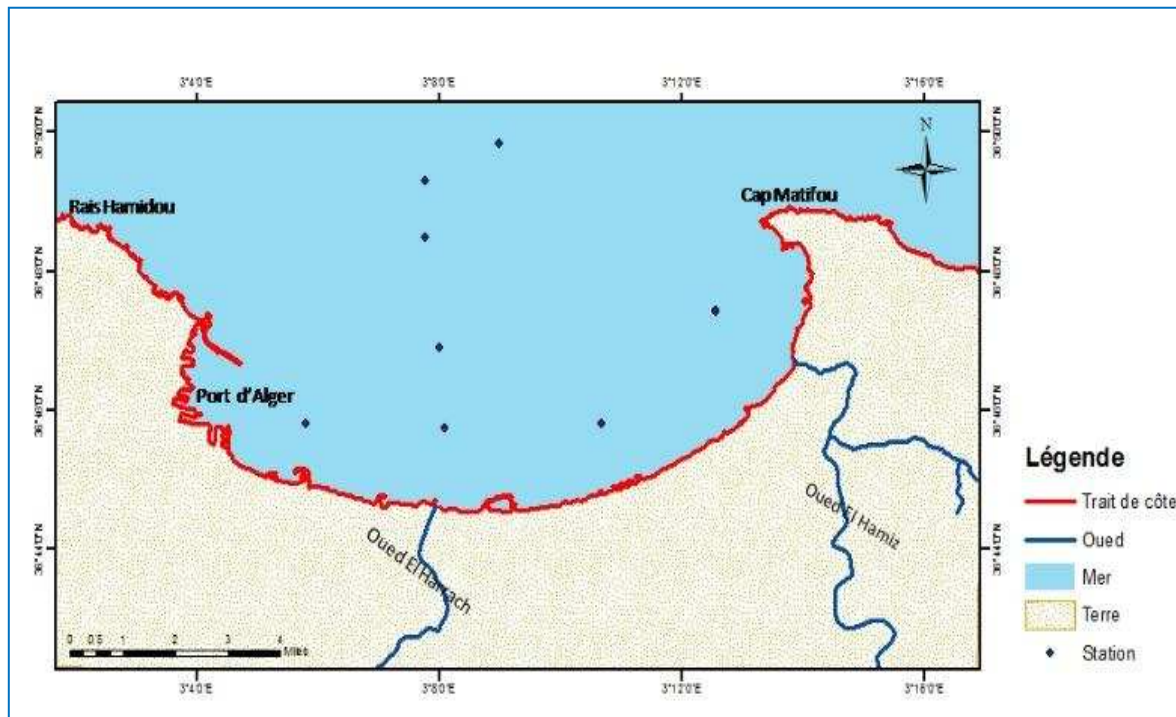


Figure 3.2 : Localisation des stations de prélèvement dans la baie d'Alger.

### II.1.3. Baie de Zemmouri

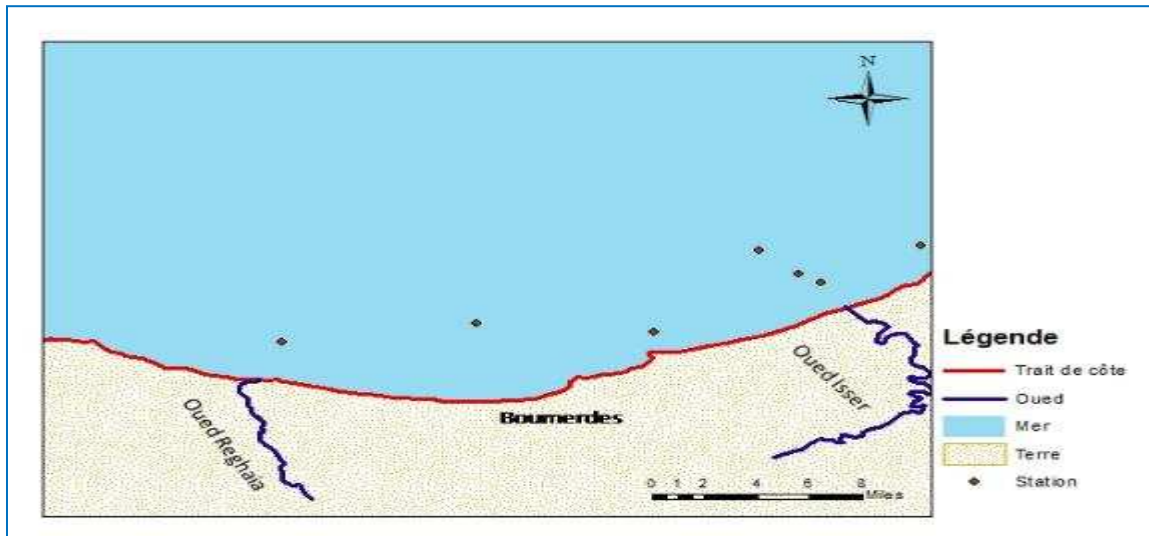


Figure 3.3 : Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Zemmouri.

### II.2. Présentation du navire scientifique GRINE BELKACEM

C'est un navire désigné à la recherche scientifique Baptisé au nom du chahid **BELKACEM GRINE**, l'acquisition de ce navire obéit aux exigences du développement du secteur de la pêche.



Figure 3.4: Navire Scientifique Grine Belkacem (CNRDPA).

### III. Matériel de prélèvement

- Bouteille de type NISKIN ;
- Flacons en plastique ;
- Valise Multi-paramètres de type HANNA ;
- Glaciaire ;
- Rampe à filtration.

### III.1. Conditionnement des moyens de prélèvement

Afin de minimiser les risques de contamination, les flacons de prélèvement d'eau ont subi le prétraitement suivant :

- Rinçage à l'eau du robinet ;
- Rinçage à l'eau acidulée (HCl à 5%) ;
- Rinçage à l'eau bi-distillée deux fois et fermeture hermétique et immédiate des flacons ;
- Lors du prélèvement à bord, chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de l'échantillon avant son remplissage.

### III.2. Prélèvement d'eau de mer

Les prélèvements d'eau de mer ont été effectués par une Bouteille de type NISKIN

Les échantillons récupérés ont été destinés à l'analyse des sels nutritifs.

Des mesures de précautions de propreté ont été sévèrement adoptées afin de pouvoir diminuer le taux d'une éventuelle contamination lors du prélèvement, pour cela nous avons suivi les étapes suivantes :

- La bouteille à clapet est ouverte juste avant sa mise dans l'eau ;
- Une fois la bouteille est mise dans l'eau, elle sera fermée à la profondeur voulue à l'aide d'un messenger (**model HydroBios**), qui coulisse le long du câble hydrographique qui tient la bouteille ;
- Le positionnement exact de chaque station est assuré par un système G.P.S (Global Positionning System) à bord du navire.

### III.3. Echantillonnage et conservation

Une fois la bouteille est à bord, un versement d'eau est effectué pour tous les flacons. Les flacons destinés pour l'analyse de chlorophylle *a* sont couverts avec un sachet noir pour inhiber la pénétration de la lumière, qui pourrait erroné les résultats, ils sont ensuite conservés dans des glaciaires avec les flacons des sels nutritifs et la MES à basse température à -4 °C.

La filtration pour la chlorophylle *a* et la MES a été faite à bord du bateau.

Les flacons destinés à l'analyse des sels nutritifs sont conservés dans un congélateur pour une analyse ultérieure au sein des laboratoires de recherche de l'ENSSMAL à Sidi Fredj.

## IV. Mesure *in situ* « paramètres physicochimiques »

Les mesures *in situ* (T (C°), Salinité, conductivité, pH, oxygène dissous, degré de saturation) sont effectuées dans l'ensemble des stations à l'aide d'une valise Multi-paramètre de type HANNA, pour ce fait l'électrode du multi paramètre était plongée dans l'eau contenue dans la bouteille **Niskin** et la valeur de chaque paramètre n'est prise qu'après la stabilité de l'afficheur.

### V. Manipulations au laboratoire

#### V.1. Dosage chimique des sels nutritifs

##### Méthode d'analyse

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SiO}_2^-$  et  $\text{NH}_4^+$ ) est le dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé sur l'appareil **Skalar® San Plus Analyser** selon les protocoles définis par **Skalar analytical® (1998)**.



**Figure 3.5:** Auto Analyser San Plus (SKALAR®, 1998).

Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé.

Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté d'un logiciel spécifique.

A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.

##### V.1.1. Principe de dosage des sels nutritifs

Les réactifs, les solutions étalons, et les protocoles de dosage pour chaque élément nutritif sont réalisés selon les protocoles décrits par (**Aminot et al., 1983**).

Le principe de dosage des sels nutritifs se base essentiellement sur une réaction de coloration. En effet ces sels réagissent dans certaines conditions (T en °C, pH, Catalyseur ...) avec des réactifs spécifiques pour donner naissance à une coloration absorbante la lumière à une certaine longueur d'ondes ( $\lambda$ ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend, de l'intensité de la coloration, qui est plus importante lorsque la solution est concentrée en sel dosé.

### V.1.2. Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation pour chacun des éléments à analyser, une solution mère et une solution intermédiaire. Pour chacune de ces solutions filles, on réalise une série de six (06) étalons couvrant la gamme de la concentration des échantillons rencontrés habituellement dans l'eau de mer.

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes. L'eau bi-distillée et les réactifs sont pris comme référence pour la construction de la ligne de base.

### V.1.3. Principe de dosage des Nitrates et Nitrites ( $\text{NO}_3^-$ et $\text{NO}_2^-$ )

La méthode est basée sur la réduction des nitrates en nitrites par passage de l'échantillon sur une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (Wood *et al*, 1967, *in* Aminot et Kérouel, 2004).

Après cette réduction les nitrites sont dosés selon les conditions réactionnelles décrites par (Bendshneider et Robinson 1952 ; *in* Aminot et Kérouel, 2004).

Cette méthode automatisée s'applique à des concentrations allant de 1 à 100 ppb N. En effet, les nitrites forment un diazoïque par réaction avec la sulfanilamide en milieu acide ( $\text{pH} < 2$ ).

Ce composé formera ensuite, en présence de N-naphtylethylenedi-amine, un composé azoïque de couleur rose absorbant un maximum de lumière à 540 nm (SKALAR®, 1998).

a) - Préparation des réactifs et des standards (voir annexe 2).

b) - Activation de la colonne réductrice de Cadmium (voir annexe 2).

d) - Etalonnage

Une série de six standards est préparée à chaque analyse (quotidiennement). La courbe d'étalonnage établie est une droite d'équation :

Pour les Nitrates :  $Y = 44.878 x$   $R^2 = 1$

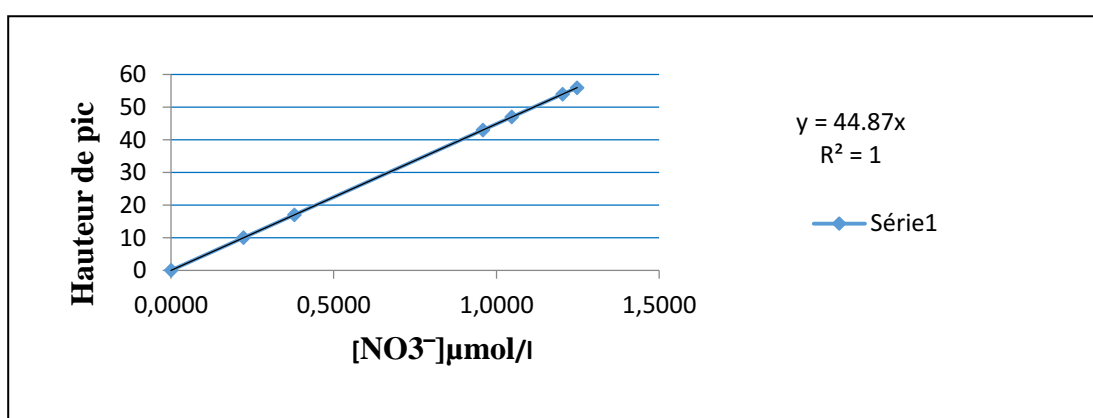


Figure 3.6 : Courbe d'étalonnage de nitrate.

### V.1.4. Principe de dosage de l'Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

Le constructeur SKALAR a adapté la procédure automatisée pour la détermination de l'ammonium pour l'analyse de l'eau de mer, qui est basé sur la réaction **de Berthelot (1859) modifiée par Thé**.

Elle s'applique à des concentrations allant de 2 à 100 ppb N.

En milieu alcalin ( $8 < \text{pH} < 11,5$ ), l'ammonium dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une mono-chloramine. Ce composé, en présence de phénol et d'un excès d'hypochlorite (milieu oxydant) donne lieu à la formation d'un bleu indophénol. Après oxydation, un composé coloré vert est formé.

La réaction de Thé est catalysée par le nitroprusside de sodium. Le composé formé dans un maximum d'absorption qui se fait à une longueur d'onde de 630 nm (**SKALAR® 1998**).

#### a) - Les réactifs et les standards

Pour la préparation des réactifs et des standards s'est faite selon le protocole du producteur SKALAR®, 1998 (**voir annexe 2**).

#### b) - Mode opératoire

- Temps de prélèvement de l'échantillon est de 60 secondes ;
- Temps de rinçage est de 60 secondes ;
- Temps de stabilisation du système est de 20 minutes approximativement.

#### c)- Etalonnage

Une série de six standards est préparée à chaque analyse (quotidiennement).

La courbe d'étalonnage établie est une droite d'équation :

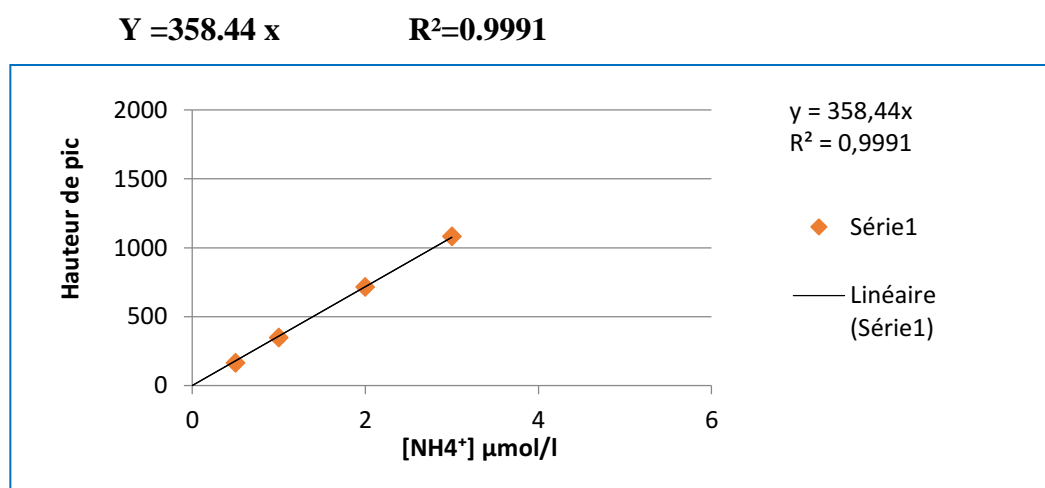


Figure 3.7 : Courbe d'étalonnage d'Ammonium.

### V.1.5. Principe du dosage des Ortho phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Sa méthode d'analyse est la colorimétrie du bleu phospho-molybdique, qui est basée sur la réaction de **Deniges (1920)** selon la méthode de **Murphy et Reily 1962** ; *in* **Aminot et Kérrouel, 2004**).

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

Cette méthode est utilisée et appliquée à l'eau de mer avec une concentration en ortho-phosphates allant de 2 à 100 ppb.

Le molybdate d'ammonium et le tartrate d'antimoine de potassium réagissent à une température de 40°C (bain marie) dans un médium acide avec les solutions diluées du phosphate pour former un composé d'antimoine-phospho-molybdate.

Ce composé est réduit à un composé intensément bleu-coloré par l'acide ascorbique à un maximum d'absorption à 880 nm.

### a) - Réactifs et standards du dosage des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (voir annexe 2).

### b) - Mode opératoire

- L'appareil doit être allumé une demi-heure à une heure avant l'analyse pour la stabilité de l'énergie ;
- La cuve de mesure dans le trajet optique est de 50 mm ;
- Le filtre monochromatique est à 880 nm ;
- La sensibilité du standard le plus élevé 100 ppb P est à  $\pm 150$  A.U ;
- Le temps d'échantillonnage est 60 secondes ;
- Le temps de rinçage est de 60 secondes ;
- Le temps de stabilisation du système hydraulique est de l'ordre de 20 minutes.

### c) - Etalonnage :

Une série de six standards est préparée à chaque analyse (quotidiennement). La courbe d'étalonnage établit a pour équation :

$$Y = 736.5 x$$

$$R^2 = 1$$

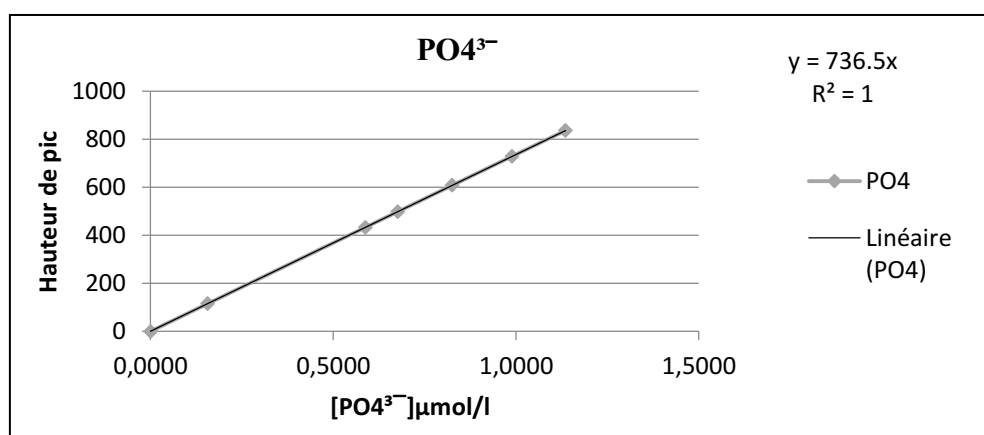


Figure 3.8 : Courbe d'étalonnage des Ortho-phosphates.

### V.1.6. Principe du dosage des silicates ( $\text{SiO}_2^-$ )

Le dosage de l'acide ortho-silicique dans l'eau de mer est basé sur la méthode de **Mullin et Reily (1955)**.

Cette méthode a été adaptée à l'analyse automatisée et nous avons utilisées la technique du constructeur SKALAR.

Cette dernière repose sur la formation de l'acide silico-molybdique, non affectée par la salinité proposée par (**Smith et Milne 1981 ; in Aminot et Kérouel, 2004**).

Sa mesure est basée sur la formation d'un complexe silico-molybdique par la réaction des silicates avec le molybdate d'ammonium en milieu acide.

Ce complexe sera par la suite réduit par l'acide ascorbique en donnant naissance à un composé qui se colore en bleu absorbant à 810 nm. L'acide oxalique est ajouté pour éviter les interférences des phosphates.

**a) - Préparation des réactifs et des standards. (Voir annexe 2).**

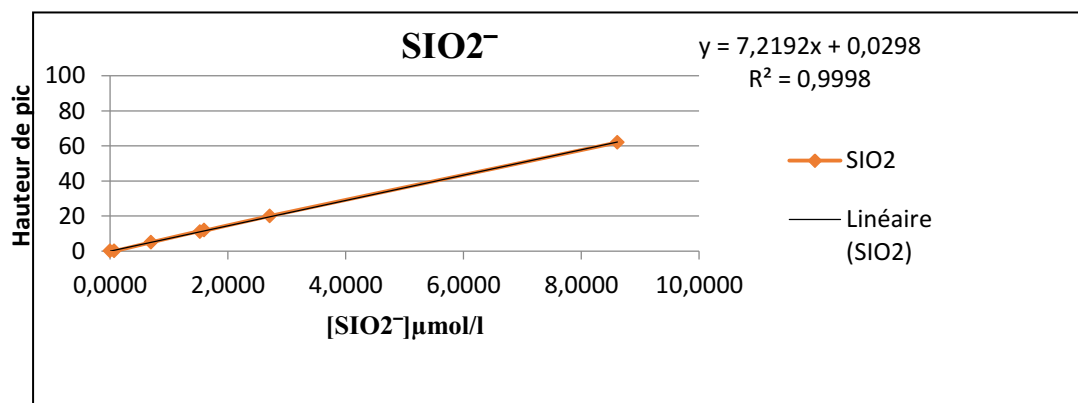
**b) - Mode opératoire**

- L'appareil doit être allumé pendant une heure avant l'analyse pour la stabilité de l'énergie.
- La cellule du flux dans le trajet optique est de 15 mm ;
- Le filtre monochromatique est à 660 nm ;
- La sensibilité du standard le plus élevé 100 ppb Si est à  $\pm 170$  A.U.
- Le temps d'échantillonnage est 60 secondes ;
- Le temps de rinçage est de 60 secondes ;
- Le temps de stabilisation du système hydraulique est de l'ordre de 15 minutes.

**c) - Etalonnage**

Une série de six standards est préparé à chaque analyse.

La relation est :  $y = 7.2192x$        $R^2 = 0.999$



**Figure 3.9:** Courbe d'étalonnage de Silicium.

### V.2. Détermination de la Matière en suspension (MES)

La charge en matière en suspension est mesurée par la pesée après filtration.

#### V.2.1. Principe

La méthode consiste à filtrer l'eau de mer sur une membrane filtrante afin de retenir les particules de taille supérieure à 0.5 $\mu$ m environ (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

La membrane est rincée, séchée et pesée avant et après filtration.

La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant.

Le matériel pesé doit être parfaitement sec. Dans la plupart des méthodes (Afnor, 1999f ; APHA-AWWA-WEF, 1998b), les filtres sont séchés à 105 °C, la température induisant un risque de perte de matériel biologique. (Strickland & Parsons ;1972) considèrent qu'à partir d'une heure à 70 °C le séchage est satisfaisant.

#### V.2.2. Matériels utilisés

- Rompe de filtration de marque **Millipore®**.
- Disques filtrants en fibre de verre (ou filtre **Whatman®GF/F ,0.45 $\mu$ m**).
- Etuve de type **WTB BINDER**, à 65 °C.
- Four à moufle de marque **Wisetherm®**.
- Balance de précision de type **Denver Instrument M-220 D** (au 1/10000 g).
- Eprouvette graduée de 500 ml et de 1 L et des pinces.
- Dessiccateur.
- Matériels courants de laboratoire.

#### V.2. 3. Mode opératoire

##### a) - Préparation des filtres au laboratoire

Les filtres GF/F 0.45  $\mu$ mol sont mis dans un four à moufle de marque **Wisetherm** à 450 °C pendant une heure, ce traitement renforce la rigidité et la solidité des membranes, les filtres sont ensuite rincés à l'eau distillée, puis séchés à l'étuve pendant 2 heures à 70°C ;

Placer chaque filtre dans une boîte à filtre préalablement étiquetée, et placer dans un dessiccateur pour refroidir et éliminer l'eau ;

Peser le filtre pour avoir la masse P1 en mg ;

Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte, à l'abri de la poussière.

##### b) - Filtration de l'eau de mer à bord

Cette étape consiste à :

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration ;
- Mesurer aussitôt le volume à filtrer (VF= 500 ml) ;

- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration ;
- Verser l'échantillon sur le filtre et appliquer le vide et filtrer progressivement tout le volume mesuré ;
- Verser sur le filtre une solution isotonique à l'eau de mer (formiate d'ammonium à 69 %) pour rincer le filtre et le filtrat du sel ;
- Désactiver l'aspiration dès que le filtre est à sec ;
- Remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée ;
- Mettre les boîtes à sécher dans l'étuve.

### c) - Séchage et la pesée des filtres :

- Mettre les boîtes contenant les filtres, sans le couvercle, dans une étuve exempte de poussières à 70°C pendant 2 h (**Apha, 1980 in Aminot et Chausse-Pied, 1983**).
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et ne pas faire sortir les filtres que juste avant la pesée.
- Peser chaque filtre pour avoir la masse P2 en mg.

### d) - Calculs et expression des résultats :

La concentration des **MES** est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = (\text{P2}-\text{P1}) / \text{VF}$$

Soit : **P1** : poids du filtre avant filtration (mg) ;

**P2** : poids du filtre après filtration (mg) ;

**VF** : volume filtré de l'échantillon (l).

## V.3. Dosage de la chlorophylle-*a* par la Spectrophotométrie

### V.3.1 Principe de la Spectrophotométrie

Les mesures de concentrations des pigments photosynthétiques sont des paramètres importants pour l'étude de la production primaire dans les eaux douces et les océans. Parmi l'ensemble des pigments phytoplanctoniques reconnus, la chlorophylle-*a*, commune à tous les organismes photooxygéniques, est particulièrement étudiée, car elle est la plus abondante et joue un rôle clé dans le processus de la photosynthèse. Ainsi, la concentration en termes de chlorophylle est certainement l'indicateur de biomasse phytoplanctonique le plus utilisé en océanographie. Il permet de définir la fertilité d'un milieu et de calculer l'index de productivité ou l'efficacité photosynthétique des organismes en présence (**Raimbault et al. 2004**).

La mesure de pigments phytoplanctonique repose sur leurs caractéristiques spectroscopiques non séparatives : absorption de lumière (spectrophotométrie) ou fluorescence (fluorimétrie).

### a. Matériel et appareillage

- Dispositif de filtration et des filtres GF/F 0,45µm de porosité ;
- Tubes de dosages de 10ml, et des tubes de 10ml pour la préparation des standards ;
- Centrifugeuse *Hettich ZENTRIFUGEN* de type *EBA 30*, avec 12 postes de porte-Filtre ;
- Spectrophotomètre fluorescence, modèle TURNER DESIGNR 10-AU ;
- Matériels courant de laboratoire.

### b. Réactifs

- \* Suspension carbonate de magnésium MgCO<sub>3</sub> à 1 % ;
- \* Solvant d'extraction : acétone à 90% ;
- \* Solution d'acide chloridrique 0,5N.

### c. Mode opératoire

#### 1- Analyse au laboratoire

L'analyse de la chlorophylle nécessite une protection permanente contre la lumière à toutes les étapes du protocole analytique, car ces pigments sont photosensibles.

#### 2- Filtration et conservation à bord du navire

- Après la filtration on ajoute quelques gouttes de MgCO<sub>3</sub> sur le filtre ;
- Le filtre est plié en quatre et enrobé dans un papier aluminium préalablement étiqueté ;
- Mettre les filtres dans le congélateur pour une analyse ultérieure.

#### 3- Extraction des pigments

- L'extraction se fait par l'addition de 10 ml d'acétone à 90% (90/10 acétone/eau).
- On mesure l'absorbance dans une cuve de 1 cm de trajet optique à l'aide d'un spectrophotomètre de marque **CECIL type CE 1021 Séries 10000**, à une longueur d'onde de 665 nm et cela dans un premier temps sans acidification, puis en deuxième lieu avec acidification (acide chlorhydrique à 0,3mol/l soit 25 ml d'HCL pour 1000 ml d'eau distillée) pour obtenir la mesure des phéopigments.
- Deux autres mesures d'absorbance ont été réalisées, l'une est celle du blanc de cuve qui a été obtenue par la mesure de l'absorbance de la paroi de la cuve avec de l'eau distillée et la seconde mesure est celle du blanc de filtre (acétone à 90%) avec filtre avant et après acidification.

### d. Les calculs

$$[\text{Chlorophylle } -a] (\mu\text{g/l}) = 27,7. (A_{665na}-A_{665a}). v/V.L$$

**Avec :** V : volume d'eau filtré en (litre).

v : volume d'acétone en (millilitre).

L : longueur du chemin optique de la cuve de mesure, (1cm).

**Aussi :**

$A_{665\text{ na}} = A_{665\text{ na}} - A_{750\text{ na}}$ .

$A_{665\text{ a}} = A_{665\text{ a}} - A_{750\text{ a}}$ .

**Avec:**

Ab 665 na : Absorbance à 665 nm avant acidification.

Ab 665 a : Absorbance à 665nm après acidification.

Ab 750 na : Absorbance à 750 nm avant acidification.

Ab 750 a : Absorbance à 750 après acidification.



*Résultats et  
discussions*

Il est très intéressant après l'ensemble des chapitres précédents, de faire un bilan sur la totalité des résultats obtenus dans le but de donner une explication aux multiples anomalies constatées, On entame le chapitre par une analyse générale des données, en indiquant les grandeurs moyennes détenues pour l'ensemble des paramètres, -Celle-ci sera suivie d'une observation spatiale pour chaque baie par la détermination des cartes de distribution horizontale via le logiciel Ocean Data View, pour la visualisation des données océanographiques, Des synthèses succinctes des caractéristiques hydrodynamiques et des niveaux d'enrichissement en éléments nutritifs découleront progressivement de l'ensemble des données, -On essayera ensuite de définir des corrélations entre les paramètres, deux à deux, De plus, on établira des graphiques de type boursier et autres, afin de suivre l'évolution d'un paramètre en fonction du temps, Une discussion assez succincte permettra la jonction entre tous les phénomènes et sera clôturée par une conclusion générale. Enfin, quelques recommandations pratiques et perspectives seront énumérées.

### I. Analyse paramétrique

#### I.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats obtenus des paramètres physico-chimiques, sont présentés dans le tableau ci-dessous sous forme de valeurs moyennes et extrêmes pour chaque baie de la côte algéroise.

##### I.1.1. Baie de Bou Ismail

**Tableau 4.1:** Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la baie de Bou-Ismaïl .

Les résultats de cette étude sont exposés en discutant les paramètres mesurés, notamment les mesures effectuées in situ et celles du laboratoire,

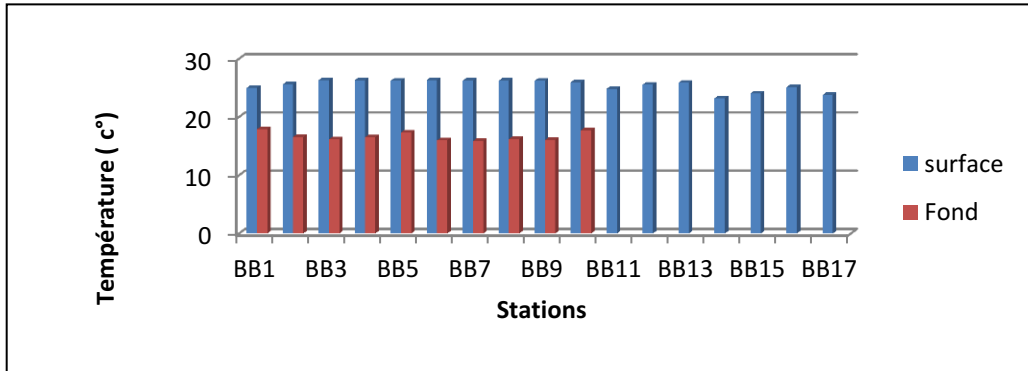
	T (C°)		S (psu)		O D (mg/l)		C (mS/cm <sup>2</sup> )		pH		O D (%)	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
Minimum	23,22	15,86	36,04	37,05	2,64	2,11	53,97	55,58	8,22	8,29	11,7	27
Maximum	26,34	17,92	37,17	37,74	8,11	7,62	55,98	56,55	8,3	8,4	97,3	98,8
Moyenne	25,46	16,62	36,93	37,40	5,16	5,85	55,51	55,99	8,25	8,34	69,798	74,385
Ecart-Type	0,98	0,75	0,26	0,25	1,61	2,09	0,55	0,35	0,021	0,033	26,089	25,28

	MES (mg/l)		Chl <sub>a</sub> (µg/l)	
	Surface	Fond	Surface	Fond
Minimum	20,9	31,5	0,0843	0,534
Maximum	126	62,36	2,0826	3,7053
Moyenne	68,375	46,027	0,73254	1,7335
Ecart-Type	33,318	12,7393	0,641	1,7209

### I.1.1.1. Température (c°)

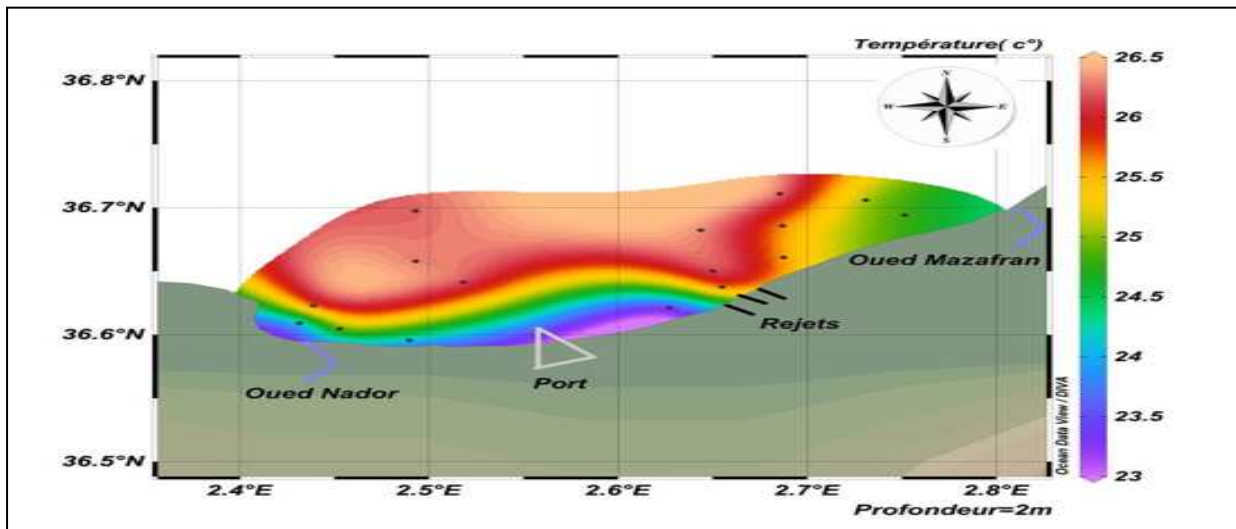
Les températures mesurées varient entre la surface et le fond, elles sont comprises entre 15.86 °C et 26.34°C avec une Moyenne de  $21.04 \pm 1.06$ °C figure (4.1).

Les valeurs mesurées de ce paramètre reflètent les températures saisonnières de l'air en relation avec les conditions météorologiques de la région (période estivale).



**Figure 4.1 :** Variations de la température à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

Quant à la mesure de la température en surface, la figure (4.2) montre sa distribution spatiale Horizontale où constate clairement, qu'au niveau de la cote et à proximité des deux oueds Mazafran et Nador, on remarque des températures comprises entre (23-25°C), et elle augmente en allant vers le large.

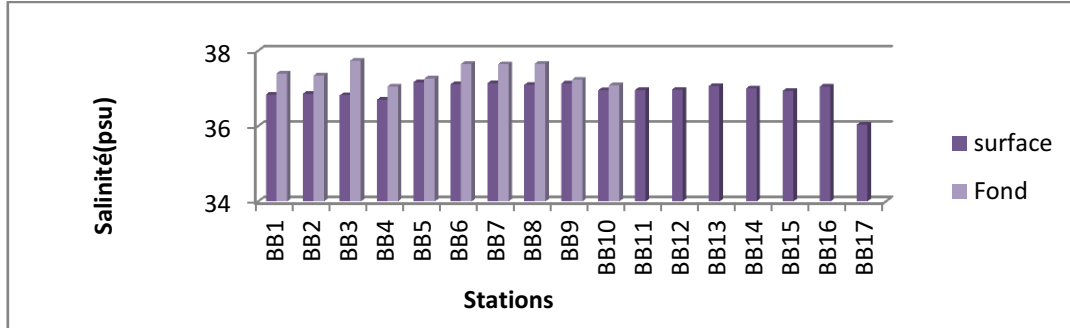


**Figure 4.2 :** Carte de distribution spatiale horizontale de la température en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.

La zone soumise aux rejets de la ville de Bou-Ismaïl se caractérise par une teneur élevée qui est probablement due à l'influence des rejets des eaux usées non traitées

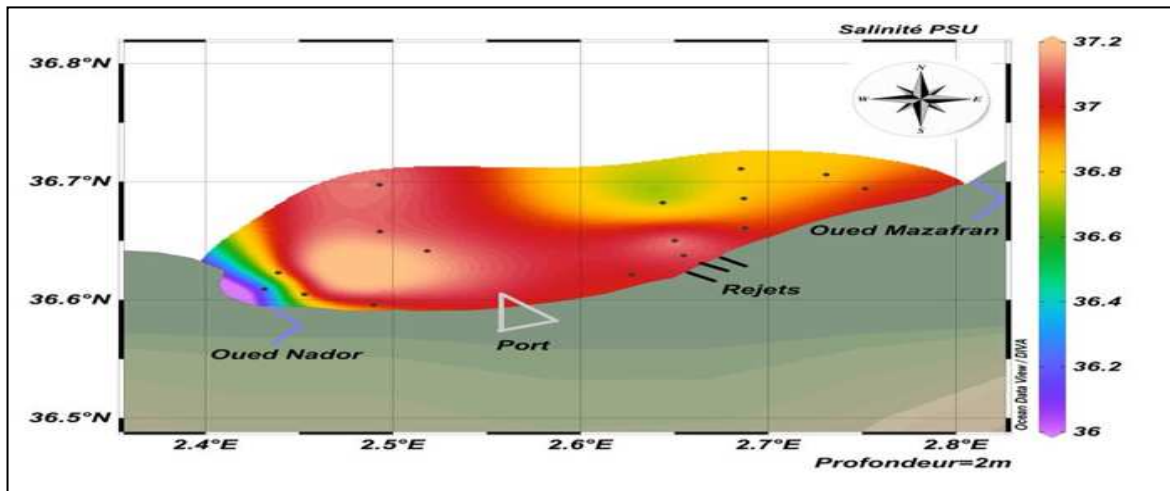
### I.1.1.2. Salinité (psu)

Les valeurs varient entre 37.17 et 37,05 avec une moyenne de  $37,16 \pm 0,35$  et un écart type de 0.26 en surface et 0.25 en profondeur Dans les eaux marines côtières,



**Figure 4.3:** Variations de la salinité à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

D'après la figure (4.4), On remarque bien que les valeurs les plus importantes se situent à la côte cela est peut être due à l'influences des rejets des eaux usées et le mélange avec les eaux douces de Mazafran et à la résurgence côtière.



**Figure 4.4:** Carte de distribution spatiale horizontale de la salinité en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.

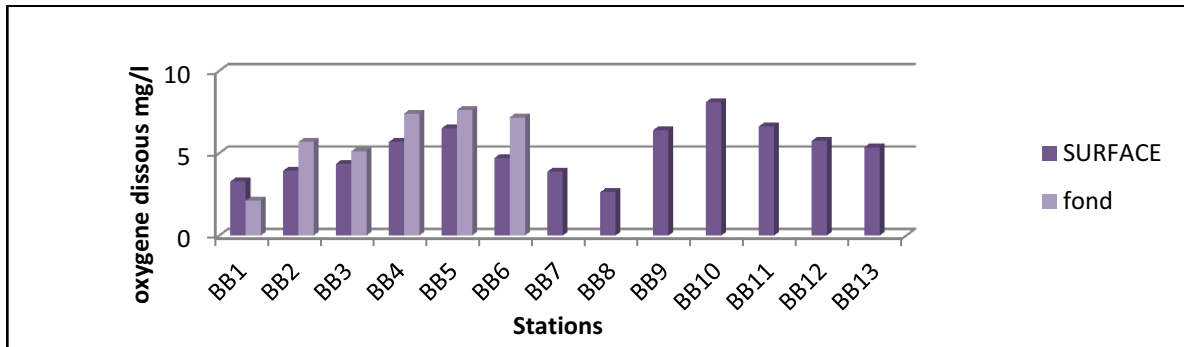
A l'embouchure de oued Nador on définit la zone du panache de l'oued (en générale plus turbide que l'eau du large), Cependant, les gradients verticaux de salinité augmentent rapidement en s'éloignant de l'embouchure ; cela peut être dû à un mélange qui est engendré par les courants dans cette zone et aussi l'éloignement de l'influence des eaux douces.

En profondeur (**voir annexe3**) : la distribution présente des valeurs de salinité qui diminuent de l'est vers l'ouest.

Les valeurs de salinités de fond sont plus faibles que celles observées en surface, ce qui est parfaitement normale avec la saison estivale.

### I.1.1.3 Oxygène dissous et son pourcentage de saturation

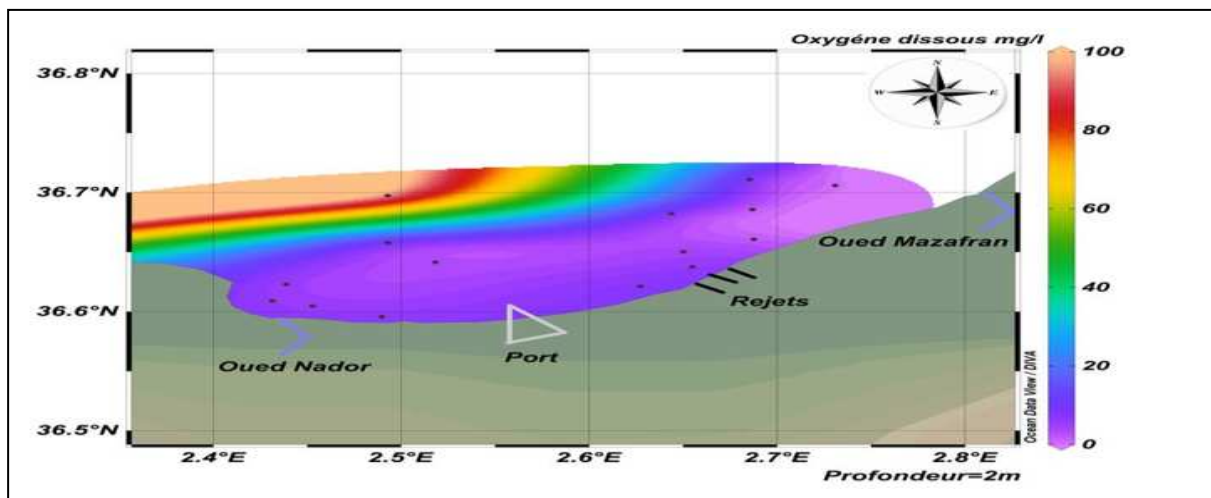
Les teneurs des eaux de surface en oxygène de la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl, varient entre un minimum de 2.64 mg/l au niveau de la station BB10 en face l'embouchure de oued Mazafran, et un maximum de l'ordre de 8.11 mg/l au niveau de la station BB9 avec une moyenne de 5.16 mg/l et un écart-type de 1.61.



**Figure 4.5 :** Variations de la concentration d'oxygène dissous à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

En surface : les plus faibles valeurs d'oxygène dissous sont observées au niveau de la cote précisément les embouchures des deux oueds (Mazafran et Nador), ce qui pourrait être dû à la consommation d'oxygène pour la dégradation de la matière organique.

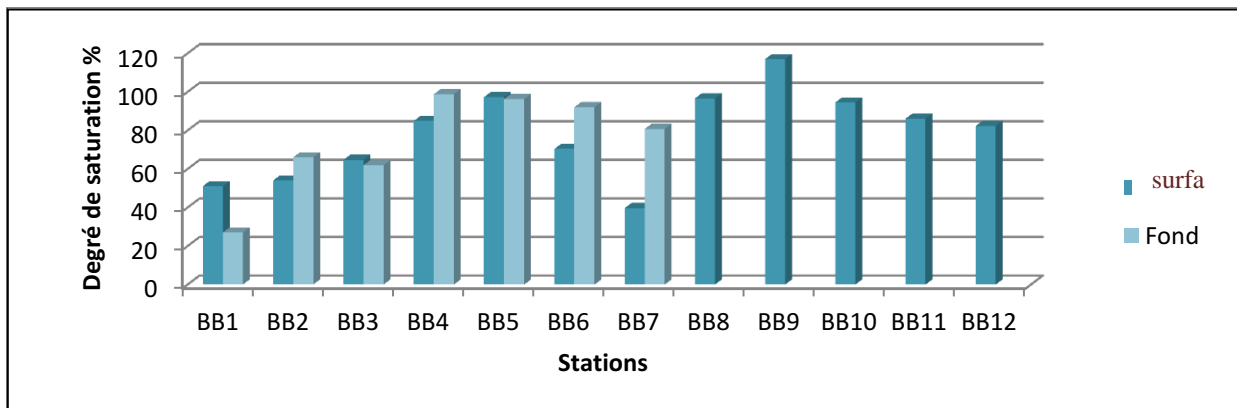
Au centre de la baie : on relève des teneurs plus élevées, ce qui est dû probablement à une prolifération de phytoplancton qui profitent des apports des eaux usées domestiques de la ville riches en sels nutritifs et les températures chaudes des eaux.



**Figure 4.6:** Carte de distribution spatiale de l'oxygène dissous en surface dans la baie de Bou-Ismaïl

En profondeur voir annexe 3 : les variations d'oxygène sont proches de celles des eaux de surface avec une légère diminution. On a relevé un minimum de 2.11mg/l et un maximum de l'ordre de 7.62mg/l, avec une moyenne de 5.85mg/l et un écart-type de 2.09 Ceci s'explique par la dynamique des eaux (turbulence).

Concernant le degré de saturation on voit bien que la station BB9 est saturée en oxygène en surface en revanche la station BB7 est la moins saturée.

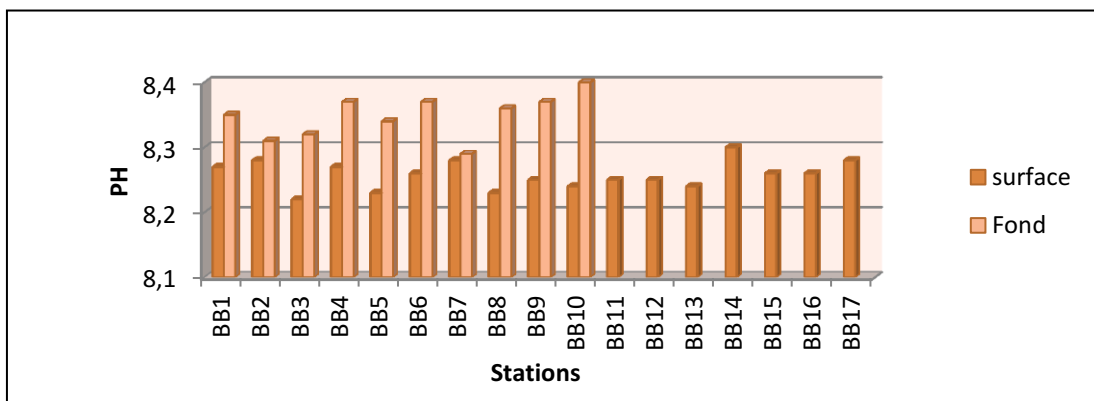


**Figure 4.7:** Variations de degré de saturation en oxygène dissous dans la Baie de Bou-Ismaïl.

**Au fond**, les eaux sont très bien oxygénées et présentent un gradient croissant d'Est en Ouest. Cette oxygénation peut s'expliquer par la présence des Herbiers à Posidonie (PAC, 2006) ,et l'hydrodynamisme qui fait diffuser l'oxygène dans toute la baie (Annexe.3).

### I.1.1.4 Potentiel d'hydrogène (pH)

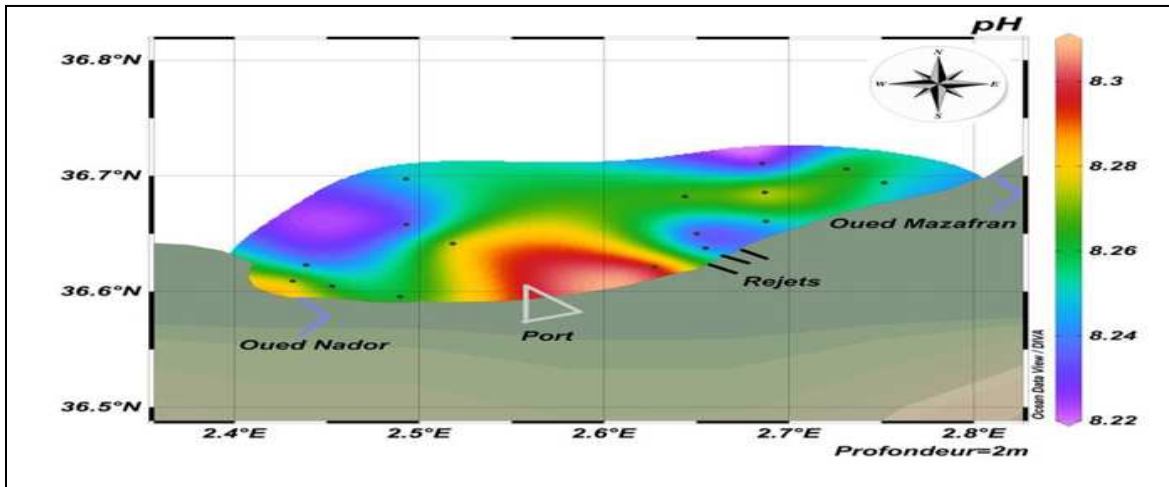
Les valeurs sont pratiquement homogènes dans l'ensemble des stations, à différents niveaux de profondeur, avec un écart-type de 0.021 en surface et 0.033 en profondeur.



**Figure 4.8:** Variations à différentes profondeurs du pH dans la baie de Bou Ismaïl.

En surface : la valeur maximale du pH est de 8.3 relevée au bassin versant de Bou-Ismaïl, et la faible valeur observé est de 8,22 correspond à Mazafran.

Cette distribution de PH serait vrai semblablement influencée par les apports d'eaux continentales et des rejets urbains et industriels : rejets de tonic, les eaux usées de bassin versant de la ville, les fermes aquacoles ...

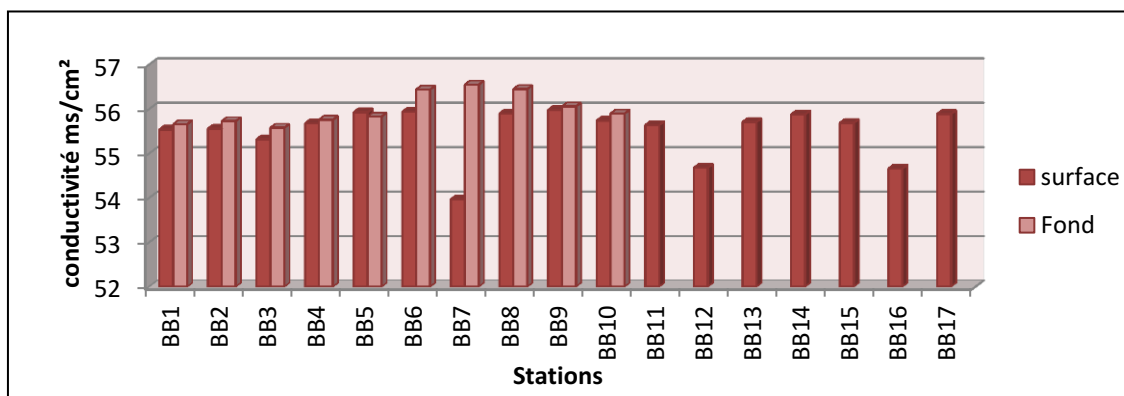


**Figure 4.9:** Carte de distribution spatiale horizontale du pH en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.

En profondeur : les valeurs sont plus faibles que celles observées en surface sauf dans la partie ouest et proche de la côte, où ces valeurs sont plus élevées, ce phénomène pourrait s'expliquer par la photosynthèse qui consomme le CO<sub>2</sub> et qui fait augmenter le pH. car en général le pH de l'eau de mer est tampon (pH=8.2)

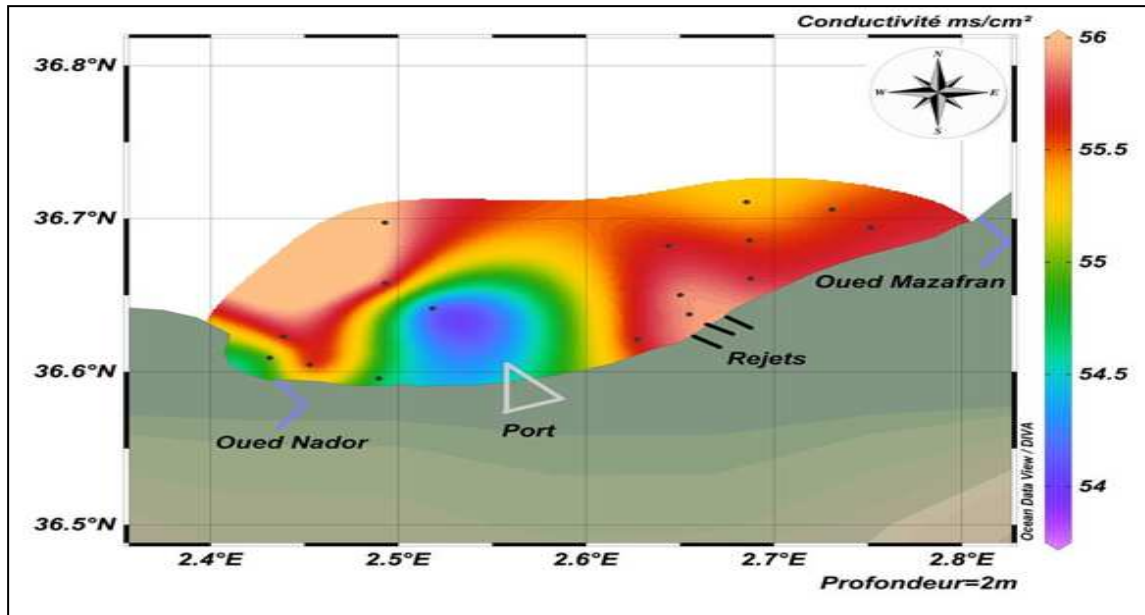
### I.1.1.5. Conductivité

La conductivité moyenne observée dans la baie de Bou-Ismaïl à la surface de l'eau a été de 55.51 mS/cm, avec un écart-type de 0.55mS/cm, un minimum de 53.97mS/cm et un maximum de 55,98 mS/cm.



**Figure 4.10 :** Variations de la conductivité à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

Selon La figure (4.11) : on remarque qu'en surface les eaux avec la plus faible valeur de conductivité se situent à proximité de l'oued Nador et port de Bouharoune, ceci est probablement dû à l'influence des eaux douces qui en proviennent.

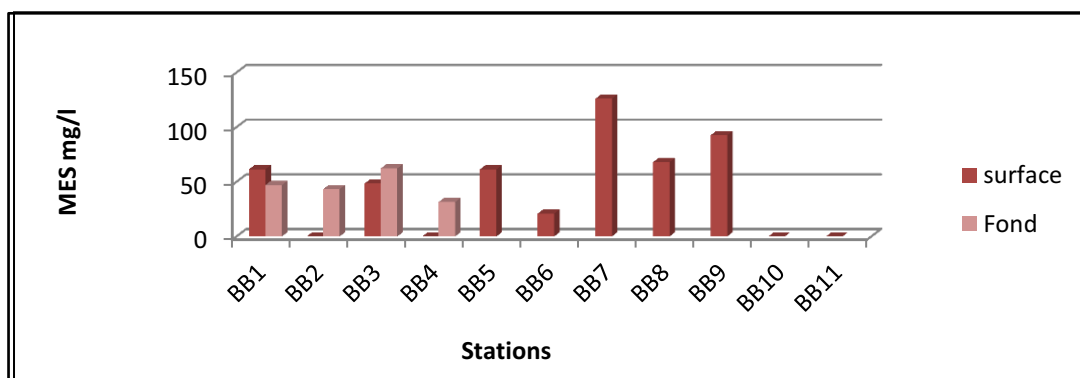


**Figure 4.11 :** Carte de distribution spatiale horizontale de la conductivité en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.

Les eaux douces influent sur la salinité de l'eau de mer et donc sur sa conductivité, ce qui est confirmé par la compatibilité de la distribution spatiale des deux paramètres salinité et conductivité.

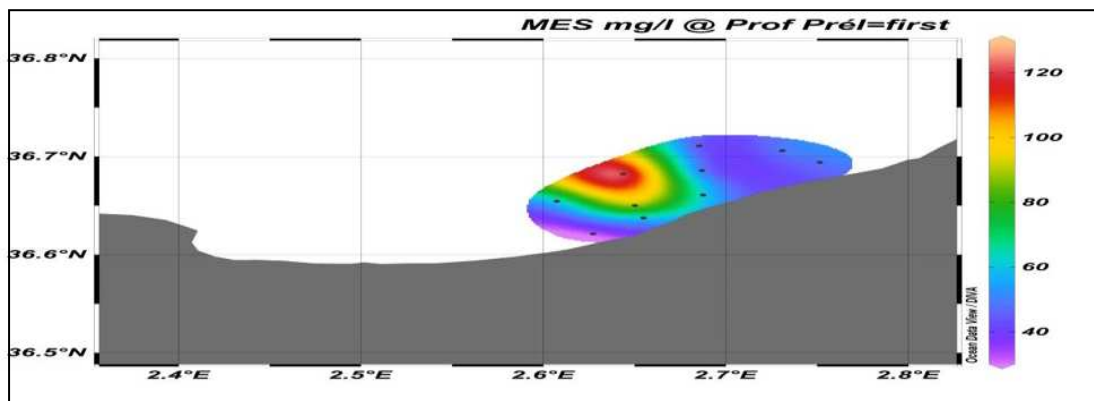
### I.1.1.6. Matières en suspension MES (mg/l)

En surface : les teneurs en MES observées présentent une moyenne de  $68.37 \pm 17,26$  mg/l variant de 20.9 à 126 mg/l et un écart-type de 33.31.



**Figure 4.12:** Variations de la matière en suspension à différents niveaux dans la Baie de Bou-Ismaïl

La matière en suspension présente des teneurs faibles à la cote à l'exception de la zone soumise aux rejets non traités de la ville qui représente un enrichissement remarquable en MES.

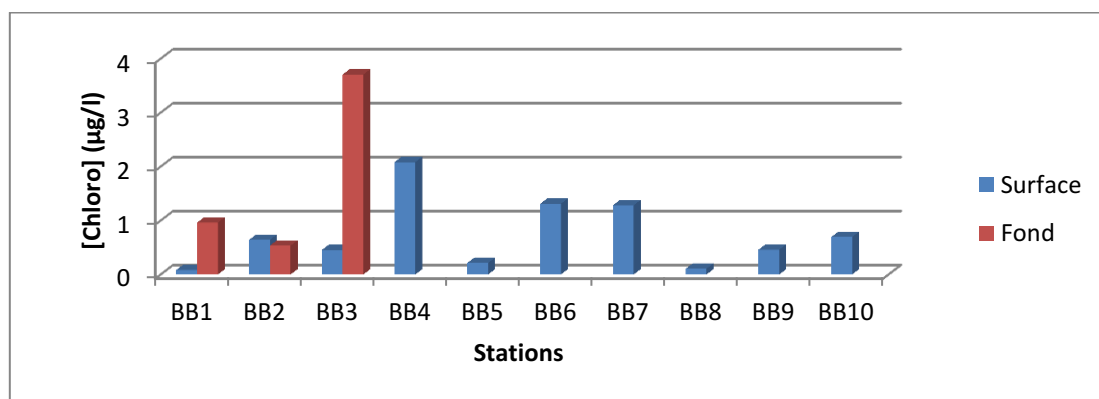


**Figure 4.13:** Carte de distribution spatiale horizontale de la matière en suspension en surface dans la baie de Bou-Ismaïl.

De multiples sources peuvent contribuer à cet enrichissement, il s'agit essentiellement d'effluents urbains mais également d'apport des oueds (Mazafran) et d'érosion côtière.

### I.1.1.7. Chlorophylle -a

**En surface :** les valeurs présentent des concentrations comprises entre 2.08  $\mu\text{g/l}$  et 0,08  $\mu\text{g/l}$  respectivement au large en face Mazafran et la commune de Ain Tagourait .Ces grandes teneurs pourraient être dues à l'enrichissement de la zone par des apports anthropiques riches en sels nutritifs ou/et une lente consommation de la biomasse phytoplanctonique par le zooplancton.



**Figure 4.14:** Variations de la chlorophylle en surface et en profondeur dans la baie de Bou-Ismaïl.

**En profondeur :** les teneurs de la chlorophylle varient entre un minimum de 0,53  $\mu\text{g/l}$  BB2 et un maximum de 3.7  $\mu\text{g/l}$  en face la commune de Bou-Ismaïl), avec une moyenne de 1.73  $\mu\text{g/l}$  et un écart type de 1.72  $\mu\text{g/l}$ .

Les valeurs les plus fortes à 20 et 40m de profondeur et des faibles variations en surface (2m) cela peut être expliqué par la présence d'herbier à posidonie qui effectue la photosynthèse ce qui enrichit la zone en chlorophylle.

### I.1.2. Baie d'Alger

**Tableau 4.2:** Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques dans la baie d'Alger.

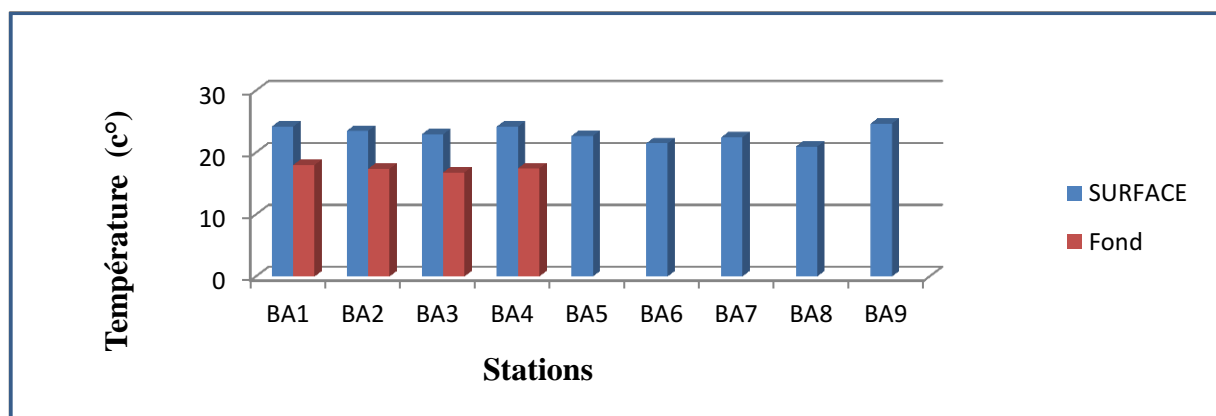
Le Tableau suivant : englobe l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés in situ à l'aide de la valise multi paramètres, ainsi que les teneurs en matières en suspension et de la chlorophylle mesurés au laboratoire sous formes de valeurs maximales, minimales et leur écart type et moyenne pour la baie d'Alger .

	T (°C)		S (psu)		OD (mg/l)		C (mS/ cm <sup>2</sup> )		pH		Degré de saturation (%)	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
Minimum	20,97	16,8	36,65	36,75	3,2	3,8	54,73	55,22	6,8	8,15	5,44	57,3
Maximum	24,69	18	37,37	37,63	9,28	7,28	56,15	56,41	8,39	8,32	103	94
Moyenne	23,015	17,407	37,002	37,22	6,68	5,96	55,607	55,88	8,14	8,14	70,43	79,32
Ecart-type	1,216	0,49	0,22	0,42	1,66	1,65	0,437	0,548	0,5	0,07	39,07	17,21

	MES (mg/l)	Chl_a (µg/l)	
	Surface	Surface	Fond
Minimum	42,38	0.347	0.4005
Maximum	68,25	1.424	1.6316
Moyenne	52,49	0.706	0.9799
Ecart-type	11,691	0.40	0.618

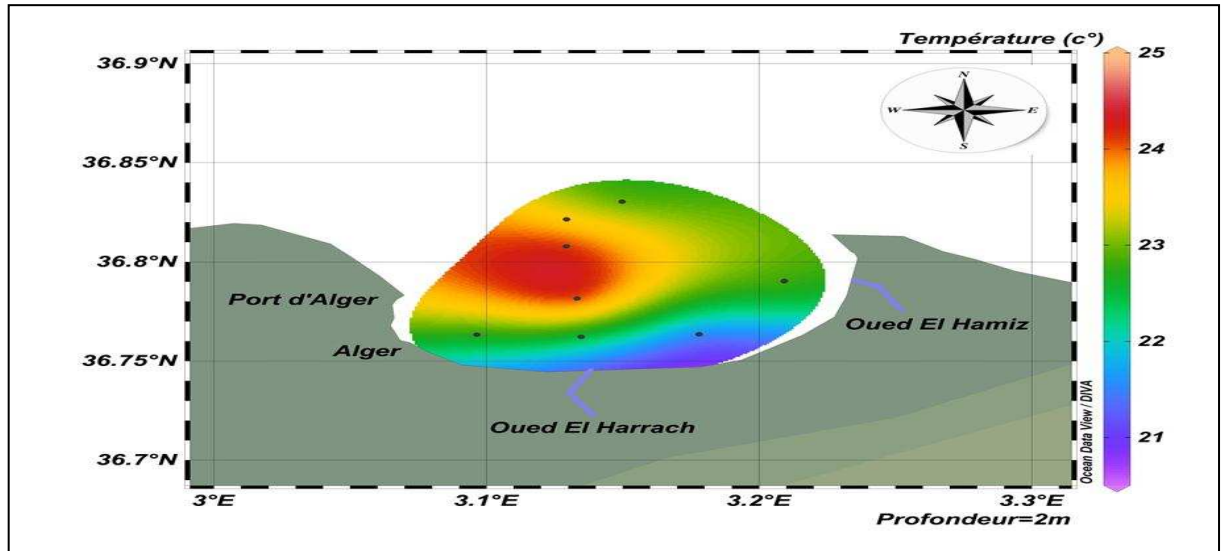
#### I.1.2.1 Température (c°)

La température moyenne observée en surface a été de 23.01°C avec un écart-type de 1.26°C, un minimum de 20.97°C et un maximum de 24.69°C.



**Figure 4.15:** Variations de Température à différentes profondeurs, dans la baie d'Alger.

La distribution spatiale de ce paramètre en surface, indique des valeurs moyennes de température du côté SE, où se trouvent les deux Oued (El Harrach et El Hamiz) et une forte valeur de température en face le port d'Alger, qui semble influencer par leur rejets Figure (4.16). En revanche, les eaux profondes de la partie NW, présentent les valeurs les plus élevées (voir annexe3).



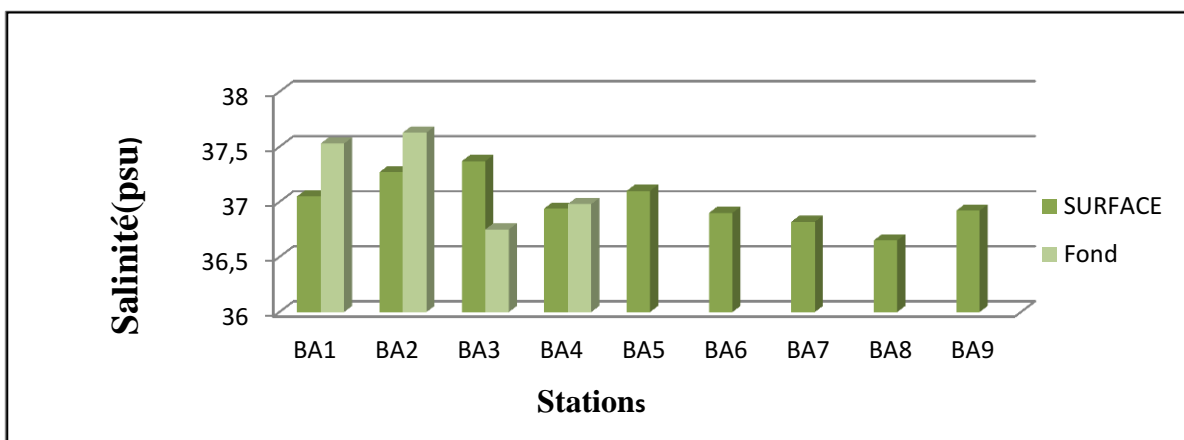
**Figure 4.16:** Carte de distribution spatiale horizontale de la Température en surface dans la baie d'Alger.

Les courants froids venant du large pourraient être à l'origine de cette distribution hétérogène de la température au sein de la baie.

### I.1.2.2 Salinité (PSU)

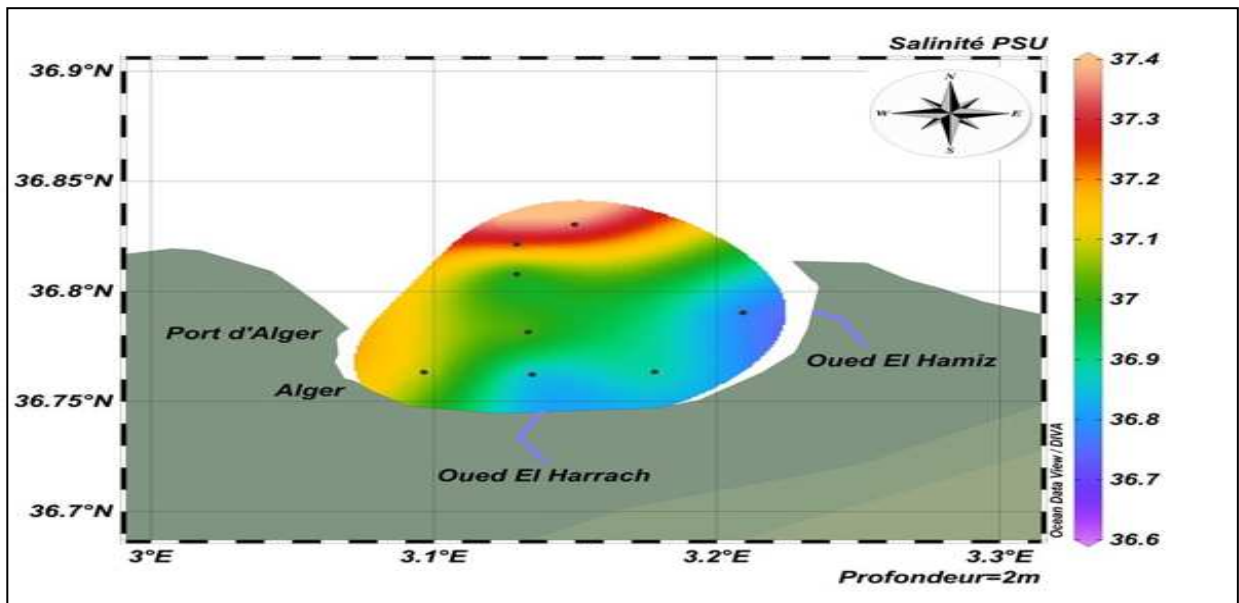
La salinité moyenne mesurée en surface a été de 37 P.S.U avec un écart-type de 0.22 P.S.U un minimum de 36.65PSU et un maximum de 37,37 psu au centre de la baie.

La salinité du fond varie entre un minimum de 36.75 PSU (BA3) et un maximum de 37,63 PSU (BA2) avec une moyenne de 37,22 PSU



**Figure 4.17 :** Variations de salinité à différentes profondeurs, dans la baie d'Alger.

La partie à proximité des embouchures des deux oueds est caractérisée par les salinités les plus faibles en surface Figure (4.18) , alors qu'en profondeur, la station située en extrême Ouest de la baie présente la valeur la plus faible de 36 PSU (annexes3).

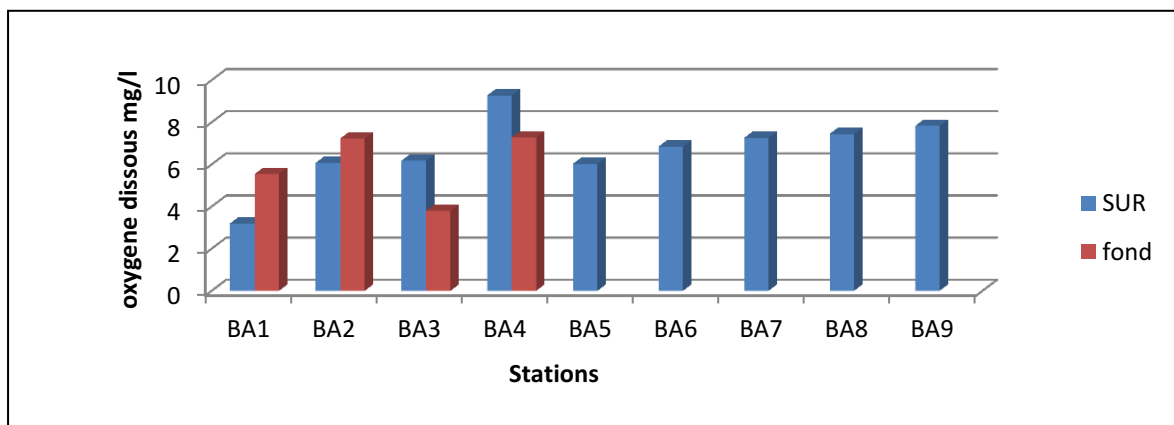


**Figure 4.18:** Carte de distribution spatiale horizontale de la Salinité en surface dans la baie d'Alger.

L'influence des eaux continentales est nettement ressentie, surtout au niveau de l'embouchure de l'Oued El Harrach et celui de Hamiz qui provoque la dessalure de l'eau de surface, diminuant la salinité de l'eau. Contrairement à la surface, la mesure de la salinité en profondeur indique des valeurs relativement importantes de la cote vers le large, avec un écart-type très faible de l'ordre de 0,42.

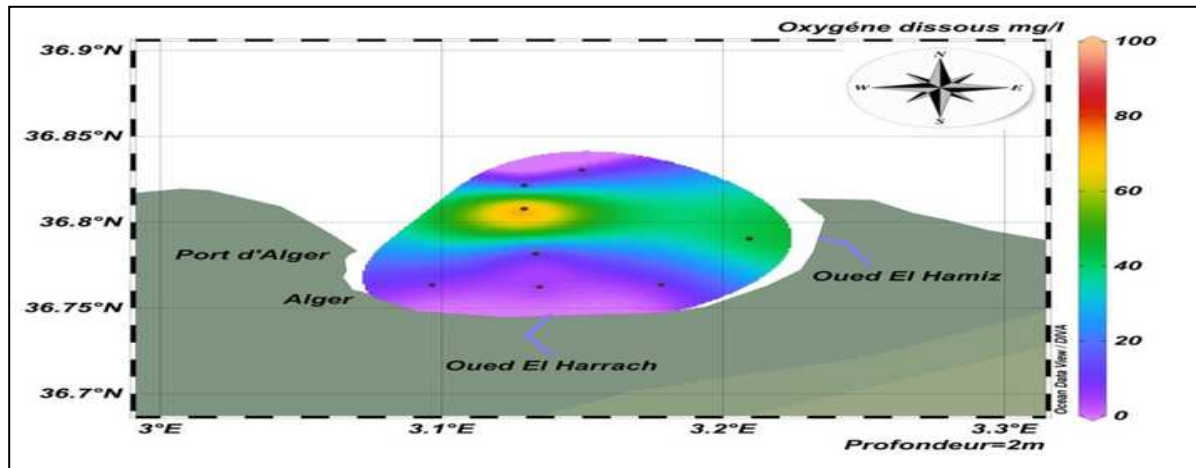
### I.1.2.3 Oxygène Dissous et son degré de saturation

La mesure de l'oxygène dissous par la méthode électrochimique donne des résultats qui révèlent une situation homogène à l'exception de la station BA4 (le large) avec un écart-type de 1,66 et une moyenne de 6,68 mg/l.



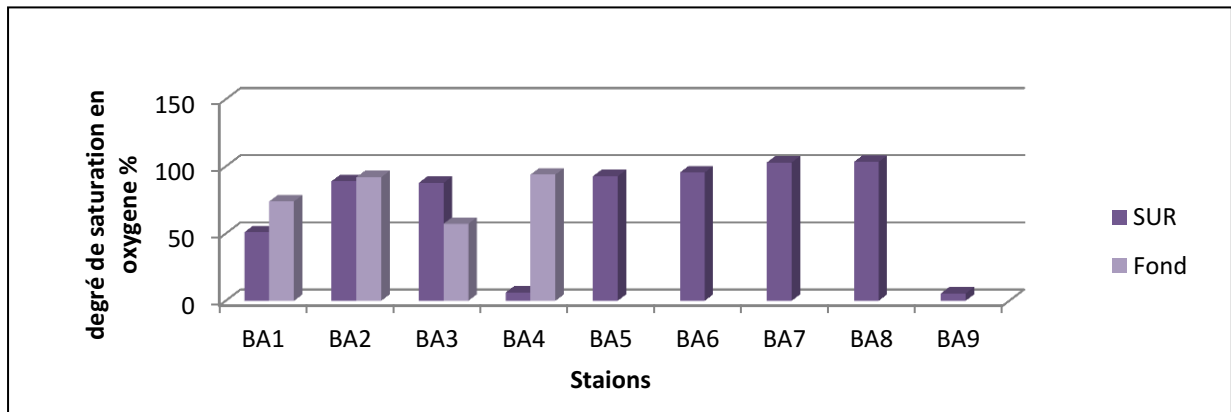
**Figure 4.19:** Variations de l'oxygène dissous à différentes profondeurs de la baie d'Alger.

Ces valeurs varient d'un maximum de 9.28 mg/l (station BA4) à un minimum de 3,2 mg/l au niveau de .BA1



**Figure 4.20 :** Carte de distribution spatiale horizontale de l'oxygène dissous en surface dans la baie d'Alger.

La figure (4.20) de la distribution spatiale de l'oxygène dissous montre des valeurs faibles en surface et à la cote, principalement au niveau des embouchures des oueds Harrach et Hamiz le port d'Alger .cela est peut être due à l'activité biologique et la dégradation de la matière organique.

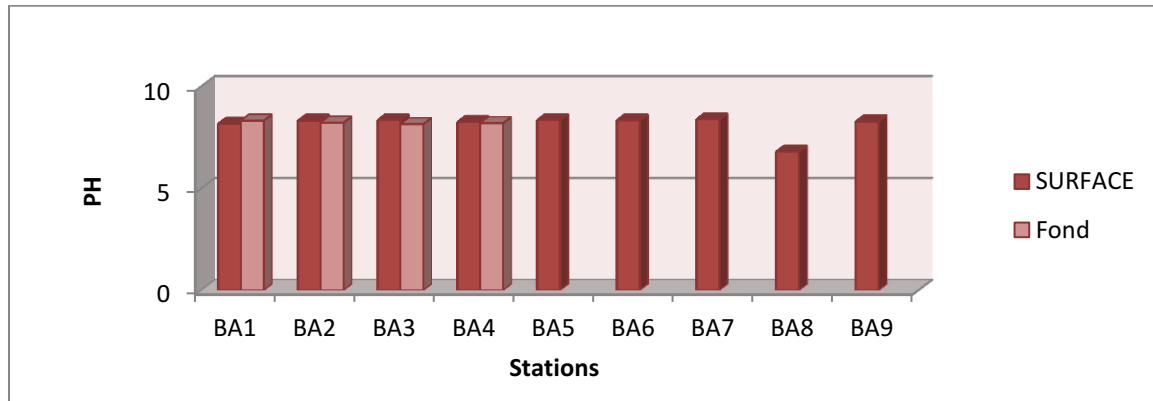


**Figure 4.21:** Variations de degré de saturation en oxygène à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

### I.1.2.4 Potentiel d'hydrogène (PH)

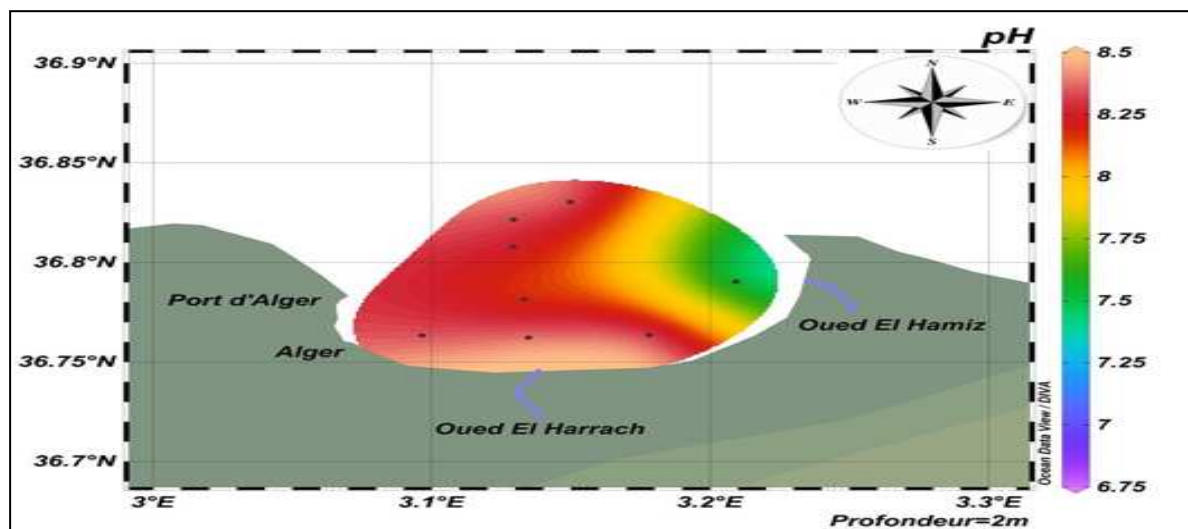
Les valeurs du potentiel d'Hydrogène sont pratiquement homogènes dans l'ensemble des stations, (8,06 - 8,22). Les valeurs moyennes mesurées en surface sont respectivement de l'ordre de 6.8 et de 8,39 avec un écart-type de 0.5 et de 0.07 en profondeur .

Le pH varie étroitement autour d'une moyenne de  $8,14 \pm 0,04$ .



**Figure 4.22:** Variations du PH à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

Les valeurs les plus faibles sont observées au niveau de l'embouchure d'Oued El Hamiz. Par contre, les valeurs les plus élevées en surface sont mesurées à la cote L'influence des eaux des oueds peut expliquer l'acidité relative des eaux dans les stations du ph faible qui réfère à Hamiz .

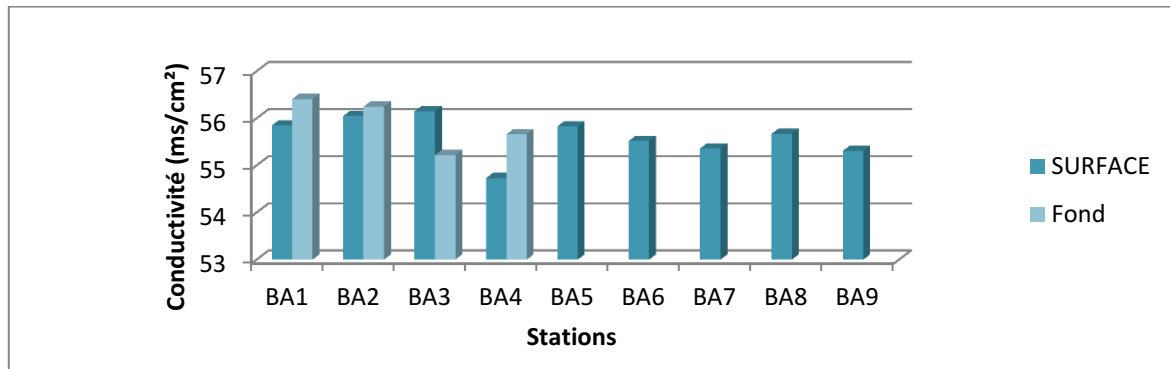


**Figure 4.23:** Carte de la distribution spatiale horizontale du PH en surface de la baie d'Alger.

Cette distribution du pH serait vraisemblablement influencée par les apports d'eaux continentales et des rejets urbains et industriels et les différents rejets domestiques (Hussein Dey).

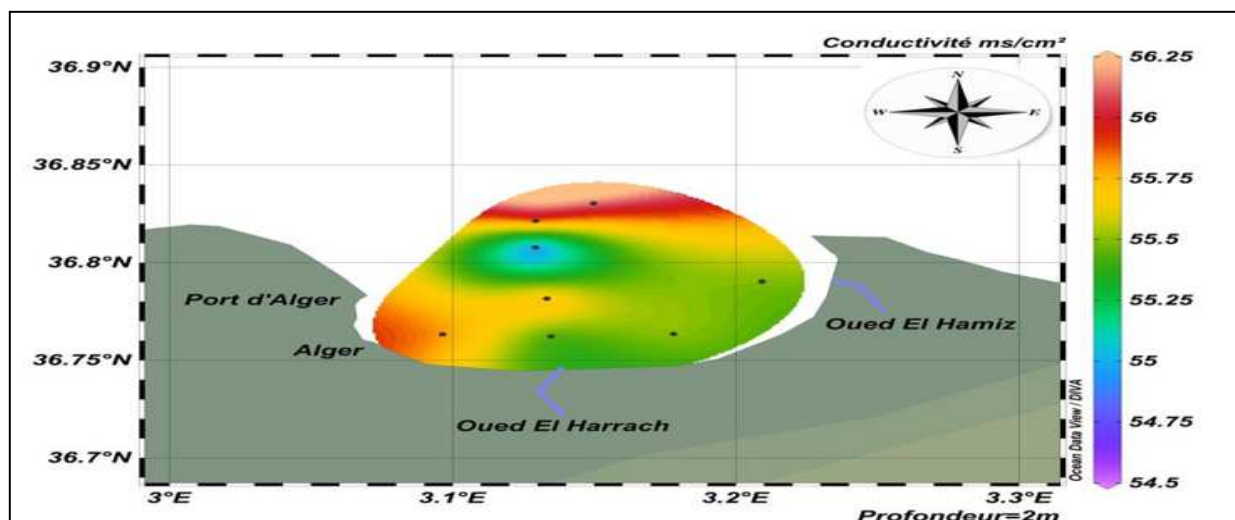
### I.1.2.5. Conductivité

La conductivité moyenne observée dans la baie d'Alger à la surface de l'eau a été de 55.60 mS/cm avec un écart-type de 0.43mS/cm, un minimum de 54,73 mS/cm et un maximum de 56,15 mS/cm.



**Figure 4.24:** Variations de la conductivité à différentes profondeurs dans la baie d'Alger

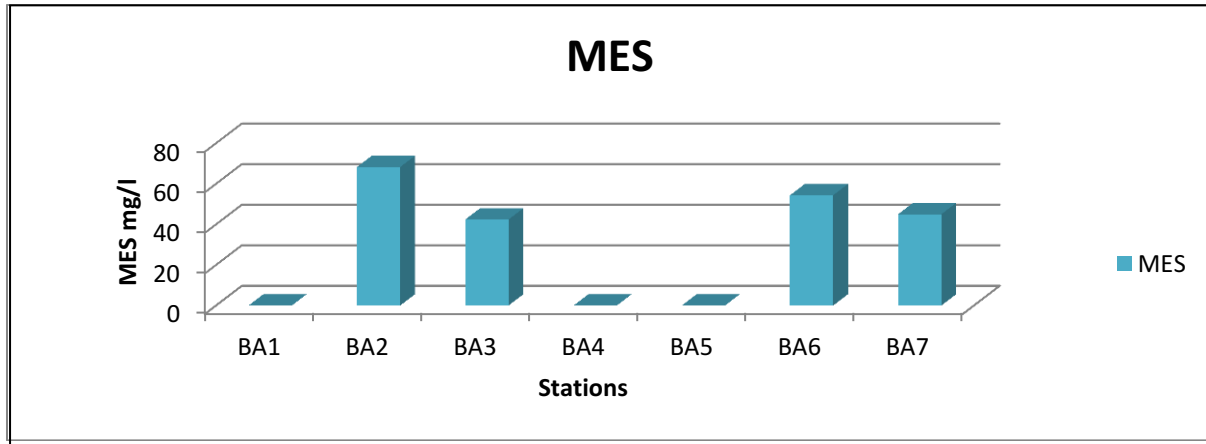
La figure (4.25) montre la distribution spatiale de ce paramètre indique que les eaux avec la plus faible valeur de conductivité se situent à proximité de l'oued El Harrach et celui d'El Hamiz, ceci est probablement dû à l'influence des eaux douces qui en proviennent sachant qu'elles influencent la salinité et donc la conductivité.



**Figure 4.25 :** Carte de la distribution spatiale horizontale de la conductivité en surface de la baie d'Alger.

### I.1.2.6 Matière en suspension MES (mg/l)

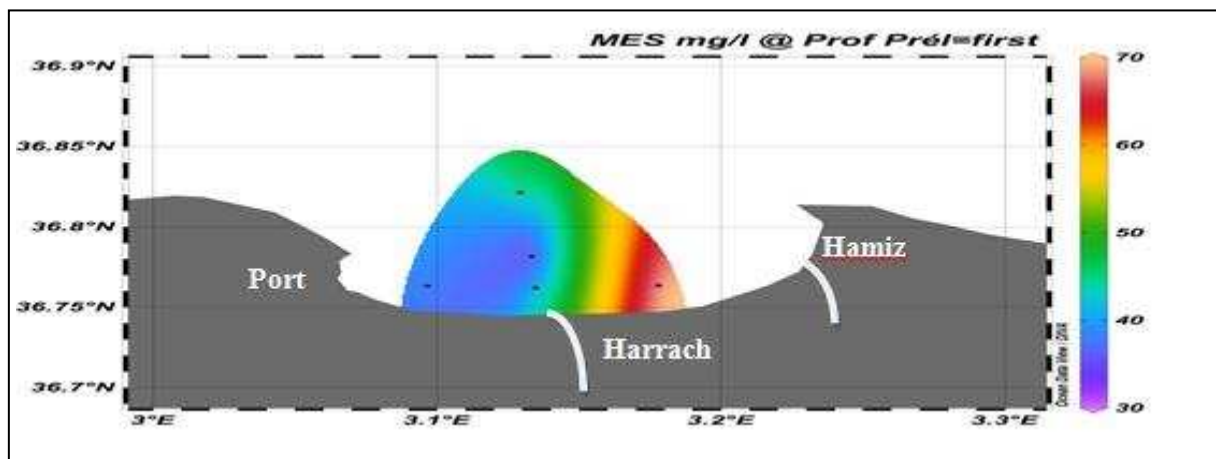
La teneur moyenne en matières en suspension à la surface a été de 52.49 mg/l avec un écart-type de 11.69 mg/l, un minimum de 42.38 mg/l et un maximum de 68.25 mg/l.



**Figure 4.26 :** Variations des matières en suspension à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

La figure (4.27) montre la distribution spatiale de ce paramètre. Les teneurs les plus élevées en MES dans la baie d'Alger se trouvent au large de la baie et aussi à son Est oued El Harrach.

On remarque aussi que les stations « côtières » refferment les teneurs les moins importantes.

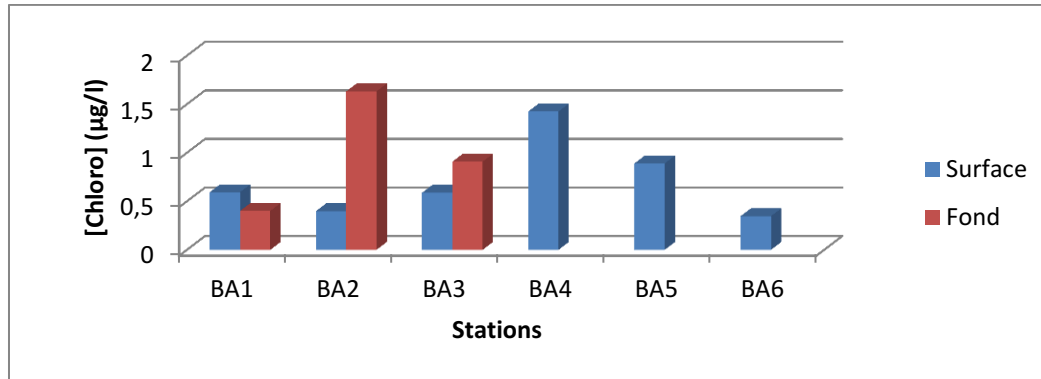


**Figure 4.27:** La distribution spatiale horizontale de la matière en suspension en surface dans la baie d'Alger.

De multiples sources peuvent contribuer à cet enrichissement, il s'agit essentiellement d'effluents urbains mais également d'apport des oueds (Harrach...) et d'érosion côtière.

### I.1.2.7 Chlorophylle *a*

Les maximums en surface est de l'ordre de 1.42 (station BA4) se situe en face de l'oued el Harrach et dans le fond le port d'Alger présente la teneur en chlorophylle la plus élevée avec 1.63 (station BA2) cela est due peut être à l'enrichissement en sels nutritifs.

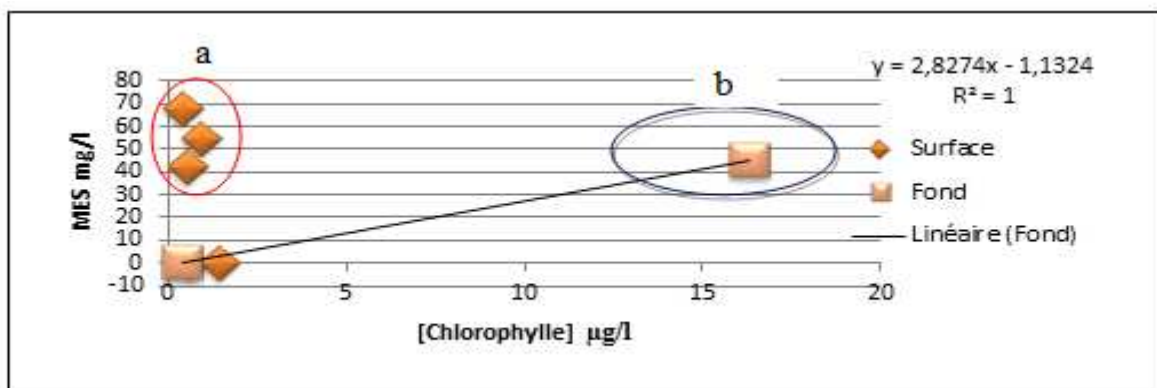


**Figure 4.28:** Variation de la concentration de chlorophylle dans la surface et en profondeur dans la baie d'Alger.

En surface le minimum représente la station BA6 avec une valeur de 0.34 cette faible concentration suggère une consommation rapide par le zooplancton ou bien elle renvoie à une prédominance de formes pico planctonique à teneurs faibles en chlorophylle.

### Diagramme MES-Chlorophylle *a*

Les plus fortes teneurs en chlorophylle-*a* sont associées aux moindres turbidités ou transparence. Ceci montre le caractère limitatif de la pénétration de la lumière par la turbidité (matières en suspension) pour le processus photosynthétique.



**Figure 4.29 :** Diagramme de la matière en suspension en fonction de la chlorophylle *a* dans la baie d'Alger.

On distingue deux pôles. Le premier pôle 'a' se traduit par une contribution relative plus forte de turbidité par rapport à la concentration en chlorophylle-*a*. Le second pôle 'b' se caractérise par une forte concentration en chlorophylle-*a* et une faible turbidité.

### I.1.3. Baie de Zemmouri

**Tableau 4.3 :** Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la Baie de Zemmouri .

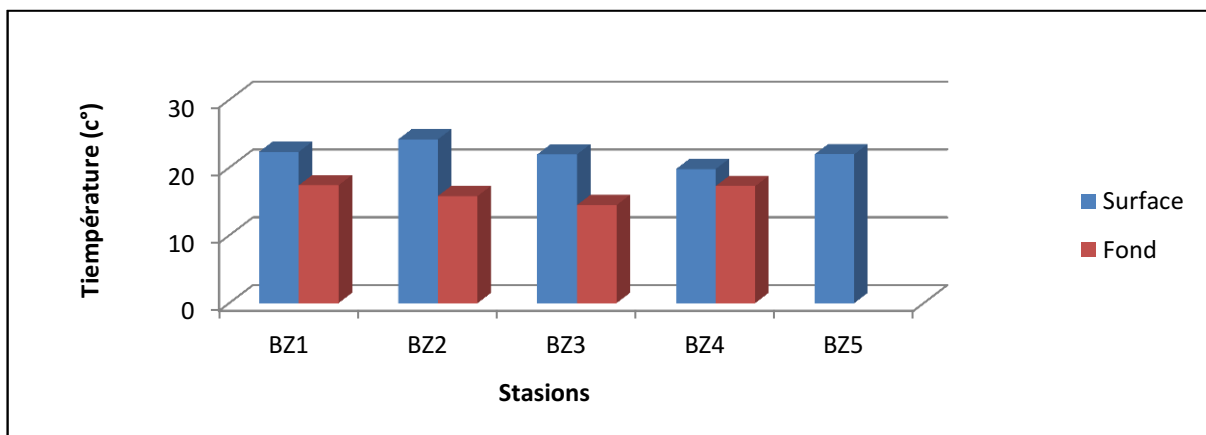
Les résultats de cette étude sont exposés en discutant les paramètres mesurés, notamment les mesures effectuées in situ et celles du laboratoire ce qui est résumé sous forme de tableau suivant

	T (°C)		S (psu)		OD (mg/l)		C (mS/cm <sup>2</sup> )		pH		Degré de saturation (%)	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
Minimum	19,78	14,45	37,13	37,35	5,75	7,11	55,73	56,25	8,22	8,22	79,5	90,02
Maximum	24,16	17,39	37,45	38,24	7,63	8,63	56,32	57,3	8,3	8,37	102	112,7
Moyenne	22,032	16,225	37,298	37,68	6,594	7,672	56,038	56,605	8,256	8,3275	91,625	99,03
Ecart-type	1,556	1,385	0,123	0,398	0,734	0,678	0,22	0,486	0,028	0,071	10,55	9,74

	MES (mg/l)	Chl_a (µg/l)	
	Surface	Surface	Fond
Minimum	38,2	0,267	0,8811
Maximum	39,48	0,4593	0,8811
Moyenne	38,84	0,3934	0,8811
Ecart-type	0,905	0,109	/

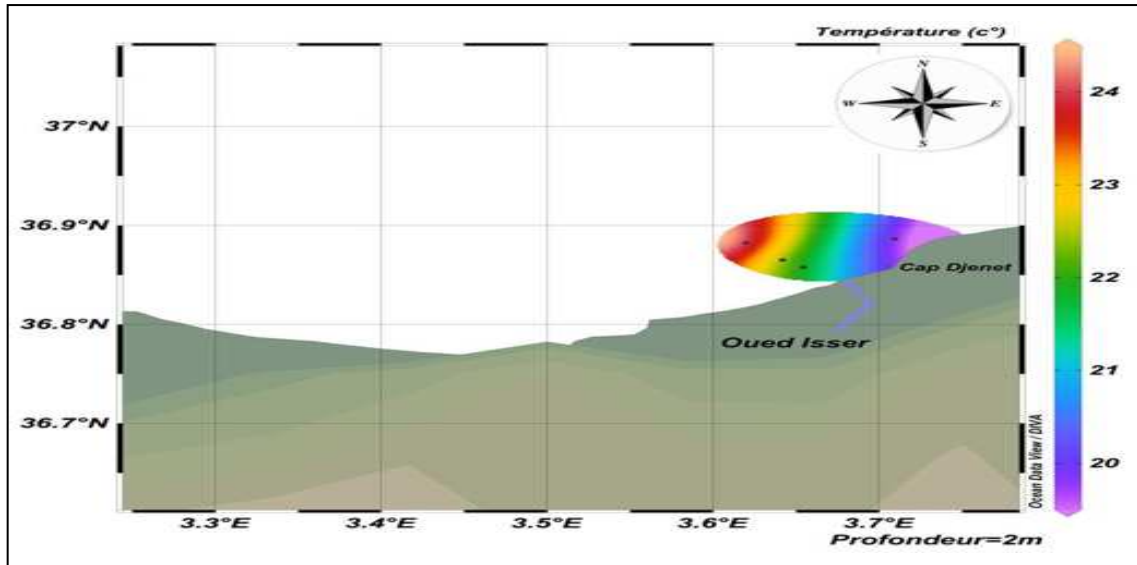
#### I.1.3.1 Température (c°)

Dans la baie de Zemmouri la température varie entre 24.16 et 17.39(°C) avec un écart-type de 1.55 et une moyenne de 22.03 (°C).



**Figure 4.30:** Variations de la Température à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri

En surface et au niveau de oued Isser on remarque une faible température qui est due à la rencontre des eaux douces plus chaudes presque stagnantes de l'oued avec l'eau de mer dans une zone moins profonde donc le refroidissement des eaux à la côte .



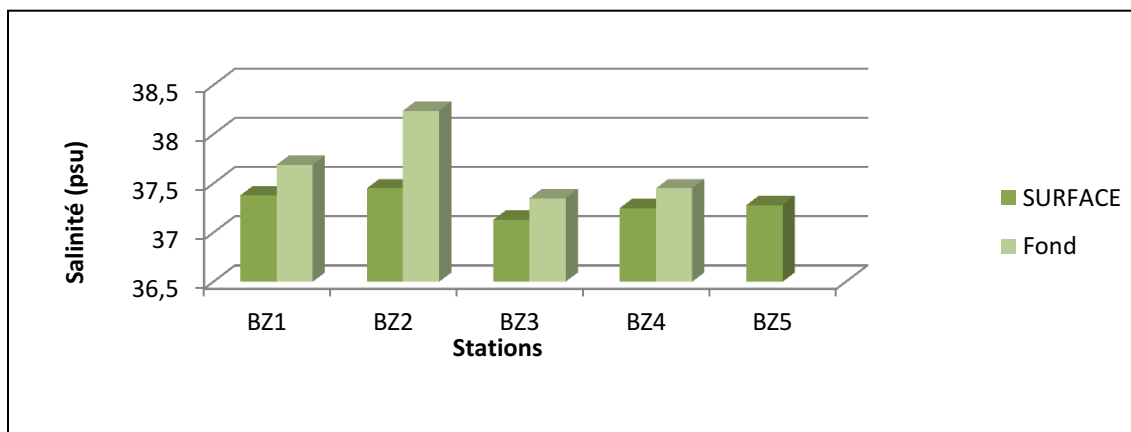
**Figure 4.31:** La distribution spatiale horizontale de la Température en surface dans la baie de Zemmouri.

**En profondeur** voir Annexe (3) la basse température fut observée à la station BZ3 (large) avec 14.45 (°C).

Cette variation de température au niveau d'oued Isser est peut être due à l'alimentation en eaux douces et aux rejets des eaux usées non traités.

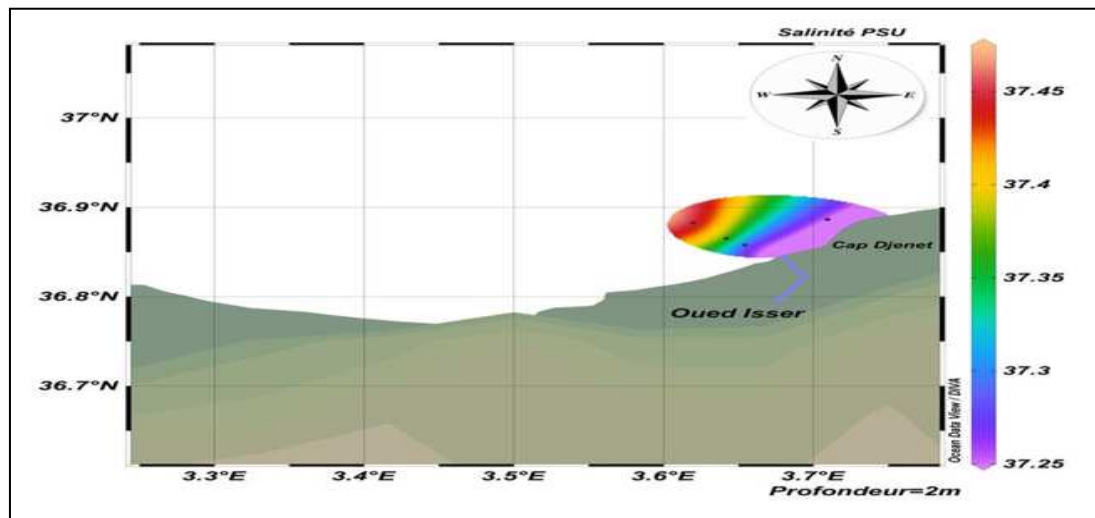
### I.1.3.2 Salinité (PSU)

La salinité de surface varie entre un minimum de 37.13 PSU observé au niveau de la station BZ3 (Oued Isser), et un maximum de 37.45 PSU au niveau de la BZ2. La valeur moyenne est de 37.29 PSU et un écart-type de 0.12.



**Figure 4.32:** Variations de la Salinité à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri

De même pour la profondeur on observe une valeur moyenne de 37.68 PSU, un maximum de 38.24 BZ2 et un minimum 37.35 au niveau de la station BZ3 et un écart-type de 0.39.

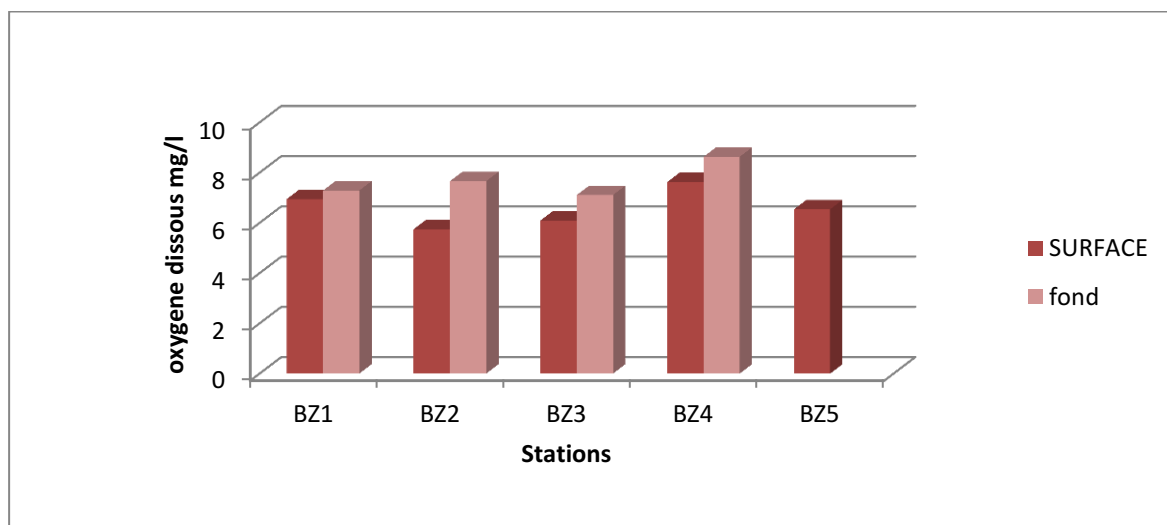


**Figure 4.33:** La distribution spatiale horizontale de la Salinité en surface de la baie de Zemmouri

En surface la figure (4.33) montre des valeurs faibles de salinité qui réfèrent à un point chaud de pollution de la baie pour zemmouri qui est l'apport en eau continentale via oued Isser où son influence est nettement prononcée sur la couche de surface est bien visible, on observe une continuité de couche superficielle peu salée qui raccorde l'oued. Et une augmentation remarquable en allant vers le large

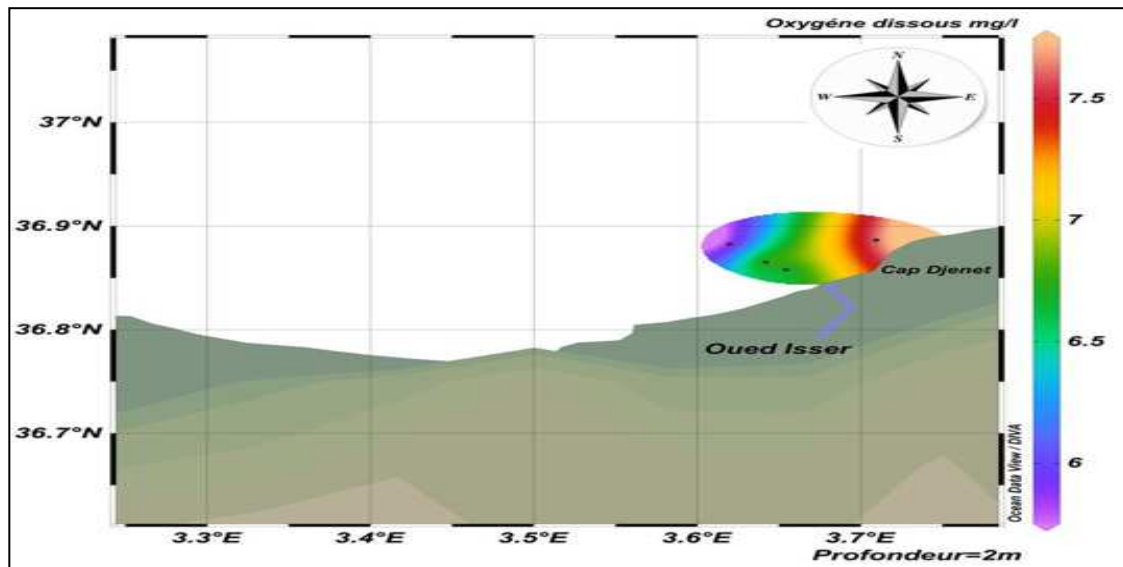
### 1.1.3.3 Oxygène Dissous

La valeur moyenne de l'oxygène dissous dans la baie de Zemmouri à la surface de l'eau a été de 6,59 mg/l avec un écart-type de 0,73 mg/l, un minimum de 5,75 mg/l (BZ2) qui réfère l'embouchure de oued Isser et un maximum de 7,63 mg/l BZ4.



**Figure 4.34:** Variations de l'oxygène dissous à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri

Cette carte montre la distribution spatiale de ce paramètre, en surface, les plus faibles valeurs d'oxygène dissous sont observées à la cote (embouchure d'oued Isser) ce qui pourrait être dû à la consommation d'oxygène pour la dégradation de la matière organique.



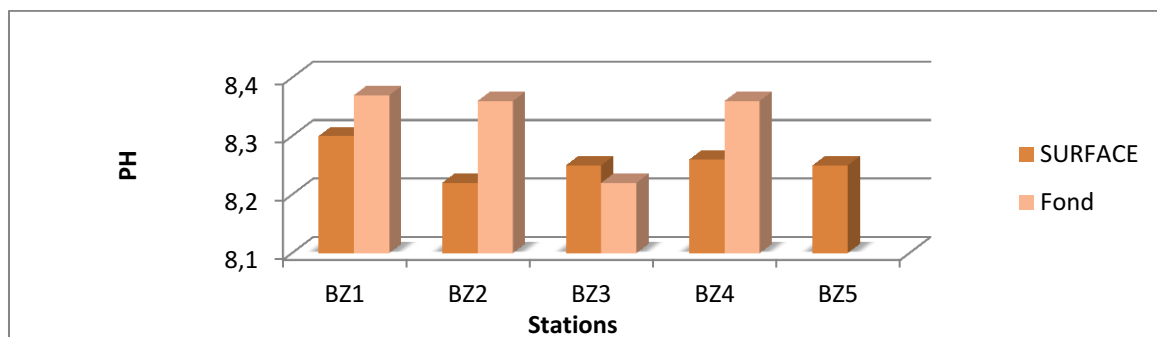
**Figure 4.35:** La distribution spatiale de l'oxygène dissous dans la baie de Zemmouri

Comme on constate des valeurs importantes en oxygène ce qui est dû Probablement à une prolifération de phytoplancton qui profitent des apports des eaux usées domestiques de la ville riches en sels nutritifs et les températures chaudes des eaux.

**Au fond** : les eaux sont très bien oxygénées et présentent un gradient croissant d'Est en Ouest.

### I.1.3.4 Potentiel D'hydrogène

Les valeurs du potentiel d'Hydrogène sont pratiquement homogènes dans l'ensemble des stations, à différents niveaux de profondeur (8,22 - 8,37). Les valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de 8,25 et de 8,32 avec un écart-type de 0,02 et de 0,07.



**Figure 4.36:** Variations du PH à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri

La distribution spatiale horizontale en surface figure (4.37) met en évidence une zone près de la côte et en face de oued Isser ou le PH est plus basique.

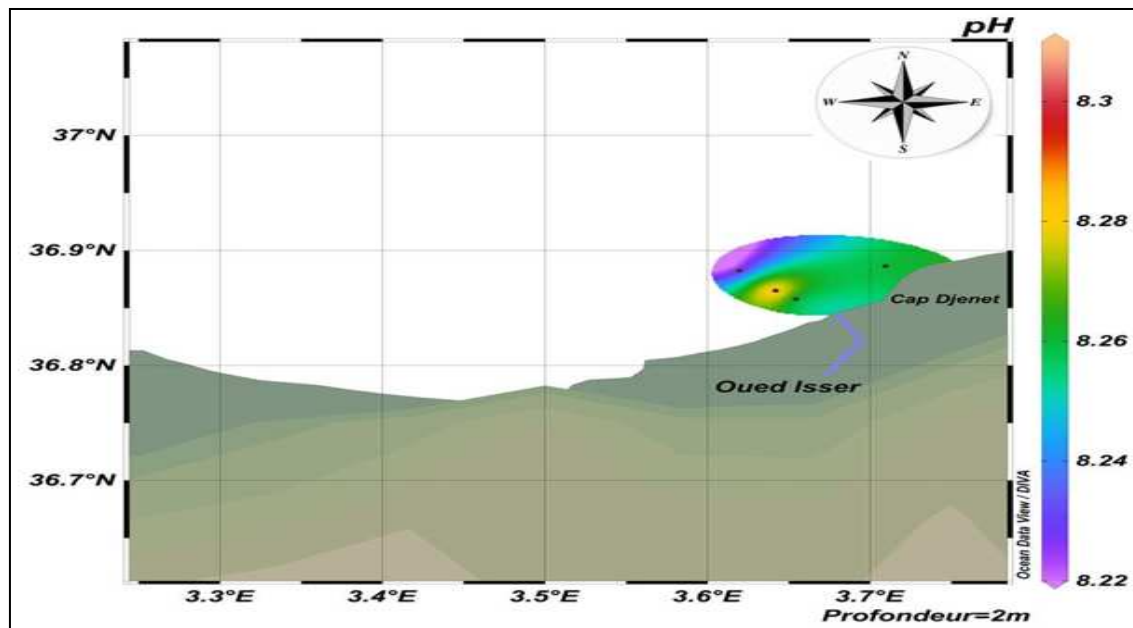


Figure 4.37: La distribution spatiale horizontale du PH de la baie de Zemmouri

### I.1.3.5 Conductivité

La conductivité moyenne observée dans la baie de Zemmouri à la surface de l'eau a été de 56.03 mS/cm avec un écart-type de 0.22 mS/cm, un minimum de 55,73 mS/cm et un maximum de 56,32 mS/cm.

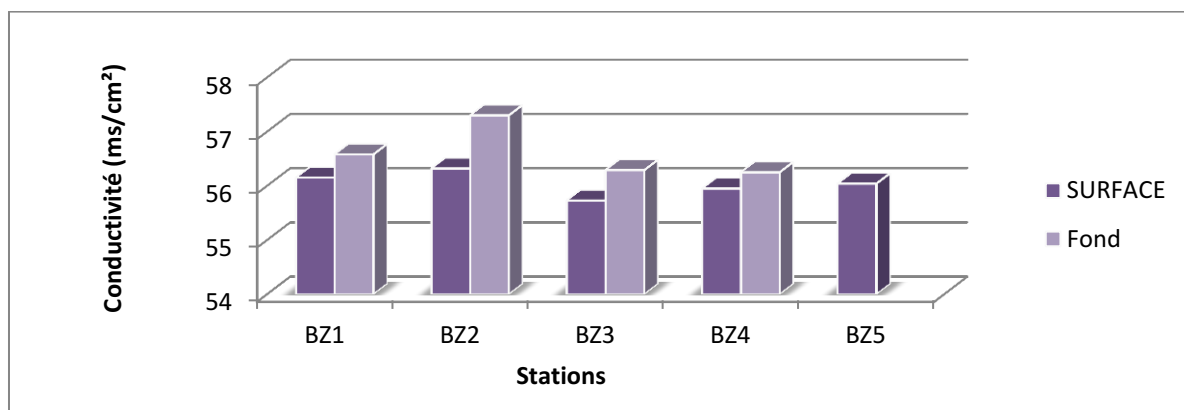


Figure 4.38 : Variations de conductivité à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri

La figure (4.39) montre la distribution spatiale de ce paramètre où on remarque que les eaux avec les plus faibles valeurs de conductivité se situent à la cote et à proximité des oueds ceci est dû peut être à l'influence des eaux douces qui en proviennent sachant qu'elles influencent la salinité et donc la conductivité.

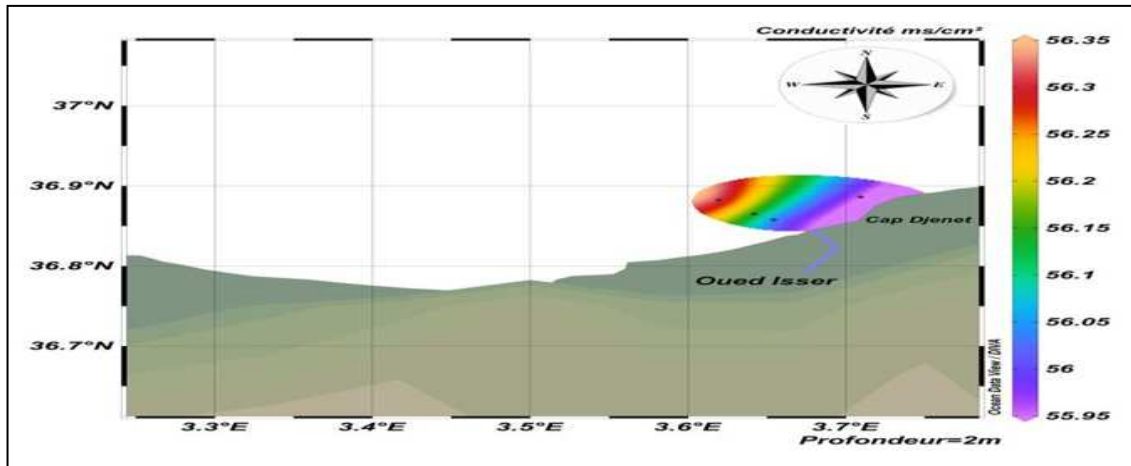


Figure 4.39: La distribution spatiale horizontale de la conductivité de la baie de Zemmouri

### I.1.3.6 Matières en suspension (MES)

Dans la baie de Zemmouri, les résultats enregistrés de la teneur en MES varient entre un maximum de 39.48 mg/l dans la station BZ2 probablement due à l'apport de cet oued, à un minimum de 38.2 mg/l observé dans la station BZ3 avec un écart type de 0.9 et une moyenne de 38.84.

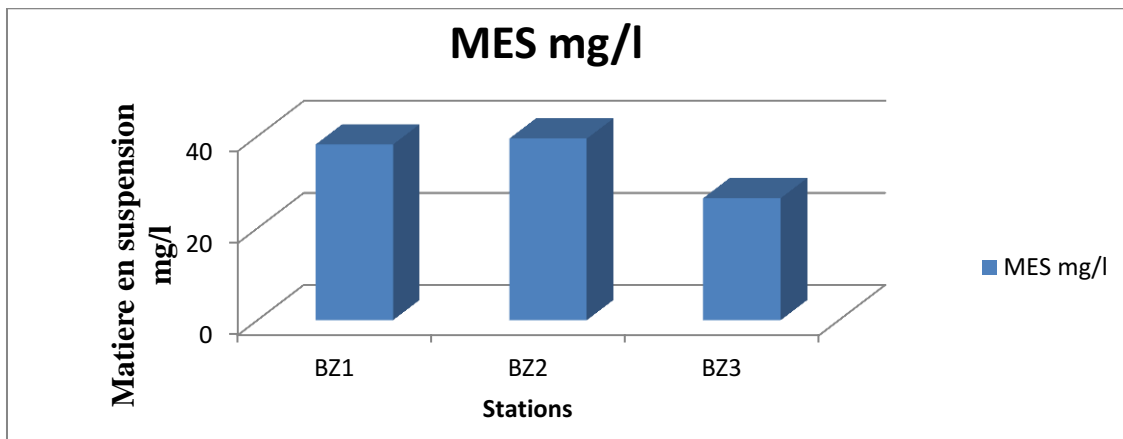
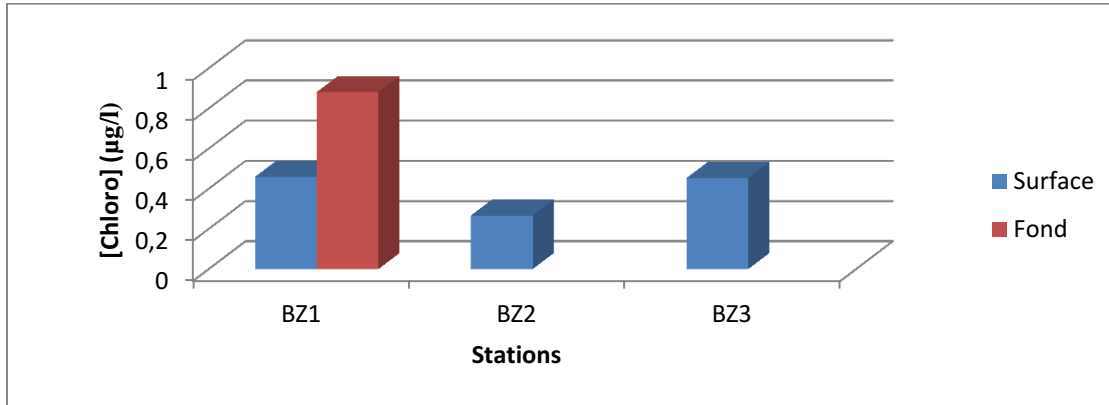


Figure 4.40: Variations des matières en suspension à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri

### I.1.3.7 Chlorophylle-a

**En surface :** Les charges en chlorophylle varient d'un maximum de 0,459(  $\mu\text{g/l}$ ) marquées dans la station BZ3 (isser ) à un minimum de l'ordre de 0,267 (  $\mu\text{g/l}$ ) obtenu dans la station BZ2 (Cap Djenet).

Ces faibles teneurs suggèrent à une consommation rapide par les zooplanctons.



**Figure 4.41:** Variations de la concentration de chlorophylle dans la surface et en profondeur dans la baie de Zemmouri

## I.2. Analyse des sels nutritifs

### I.2.1. Baie de Bou-Ismaïl

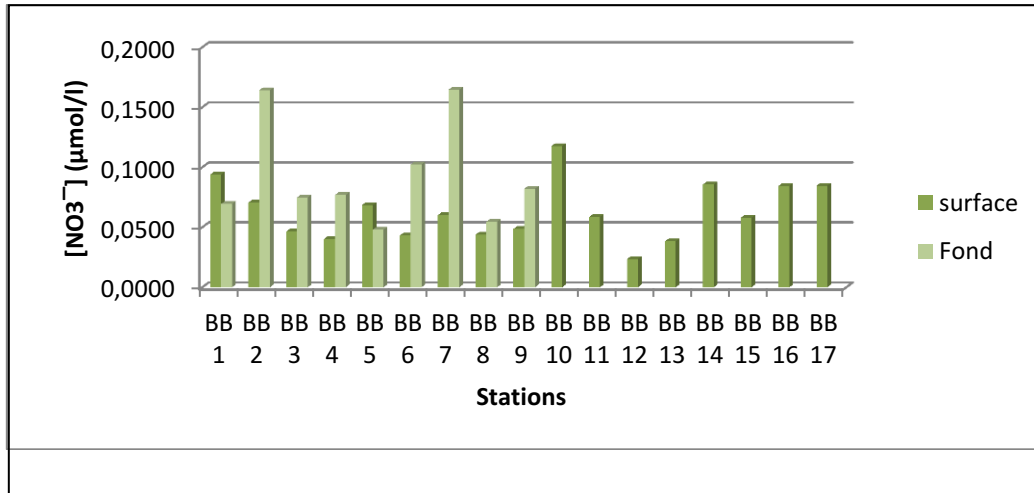
**Tableau 4.4:** Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl.

Les résultats de cette étude sont exposés en discutant les paramètres mesurés au laboratoire par l'auto analyser skalar san plus qu'on a résumé par le tableau suivant

	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] ( $\mu\text{mol/l}$ )		[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] ( $\mu\text{mol/l}$ )		[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] ( $\mu\text{mol/l}$ )		[PO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ] ( $\mu\text{mol/l}$ )		[SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] ( $\mu\text{mol/l}$ )	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
Min	0.0235	0.0479	0.0116	0.0253	5.4268	6.6436	0.0258	0.0229	0.4437	0.9436
Max	0.1176	0.1646	0.0585	0.1170	16.5602	45.0995	0.1619	0.3616	6.0401	6.2319
Moy	0.0613	0.0930	0.0307	0.0561	8.7029	12.8687	0.0619	0.1127	2.4120	2.6260
Ecart-type	0.0244	0.0434	0.0139	0.0309	2.7738	12.2636	0.0381	0.1134	1.5314	1.9235

### I.2.1.1. Nitrates

En ce qui concerne les ions nitrates, les valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de  $0,06 \mu\text{mol/l}$  et de  $0,09 \mu\text{mol/l}$  avec un écart type de  $0,02$  et de  $0,04$ .

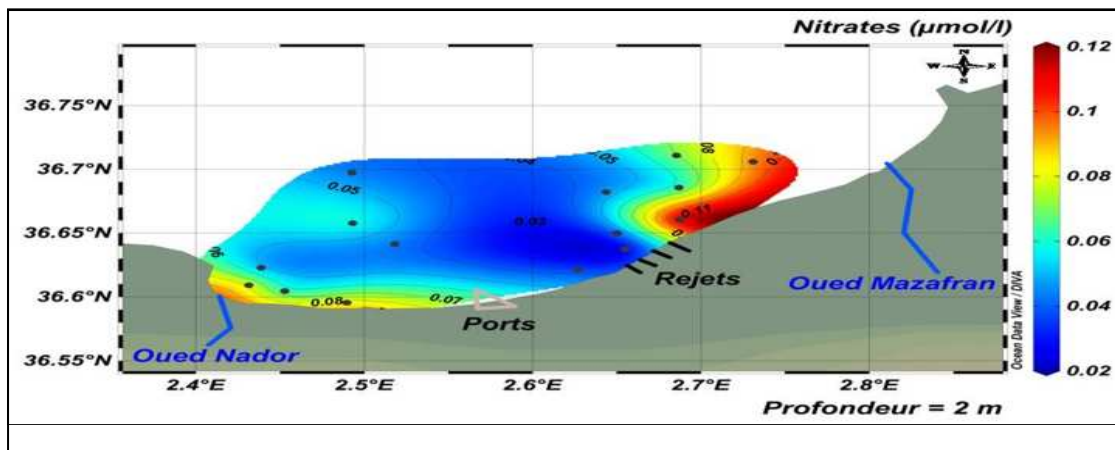


**Figure 4.42:** variations des nitrates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

**En surface :** la valeur la plus faible est observée au niveau de la station BB12 ( $0,02 \mu\text{mol/l}$ );

Alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station BB5 ( $0,05 \mu\text{mol/l}$ ).

La station BB10 marque la valeur la plus élevée en surface ( $0,12 \mu\text{mol/l}$ ), et en profondeur la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station BB7 ( $0,16 \mu\text{mol/l}$ ).

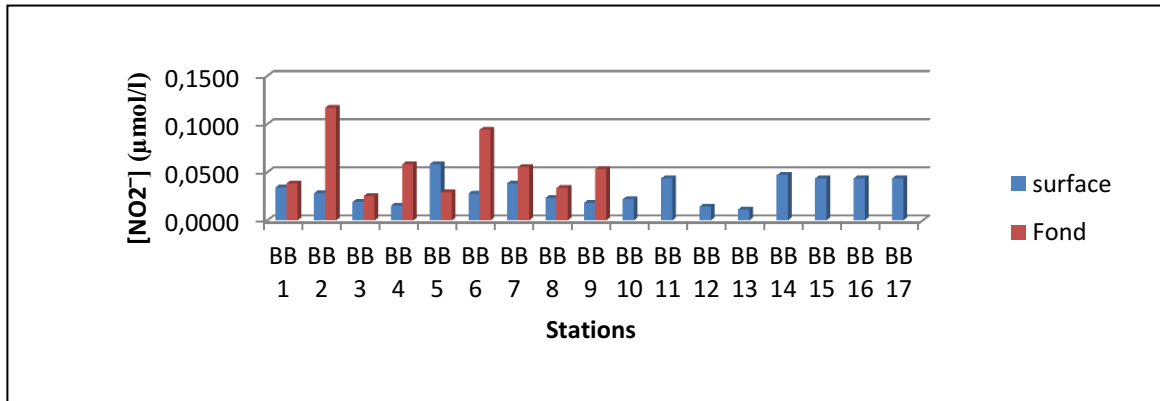


**Figure 4.43 :** Carte de distribution horizontale des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl.

Cette figure montre la distribution horizontale spatiale des nitrates en surface, on constate que la partie est de la baie est caractérisée par des teneurs très élevées en comparaison avec la partie ouest. Ceci peut être expliqué par la présence des terres agricole et leurs lessivage dans cette région qui polluent le milieu en ces éléments nutritifs via l'oued de mazafran en allant de l'est vers l'ouest on remarque des atténuations des nitrates qui sont utilisées par l'herbier à posidonie en produisant la matière organique via le processus (photosynthèse).

### I.2.1.2. Nitrites

Concernant les concentrations des ions nitrites, les valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de  $0,03\mu\text{mol/l}$  et de  $0,05\mu\text{mol/l}$  avec un écart type de  $0,01$  et de  $0,03$ .

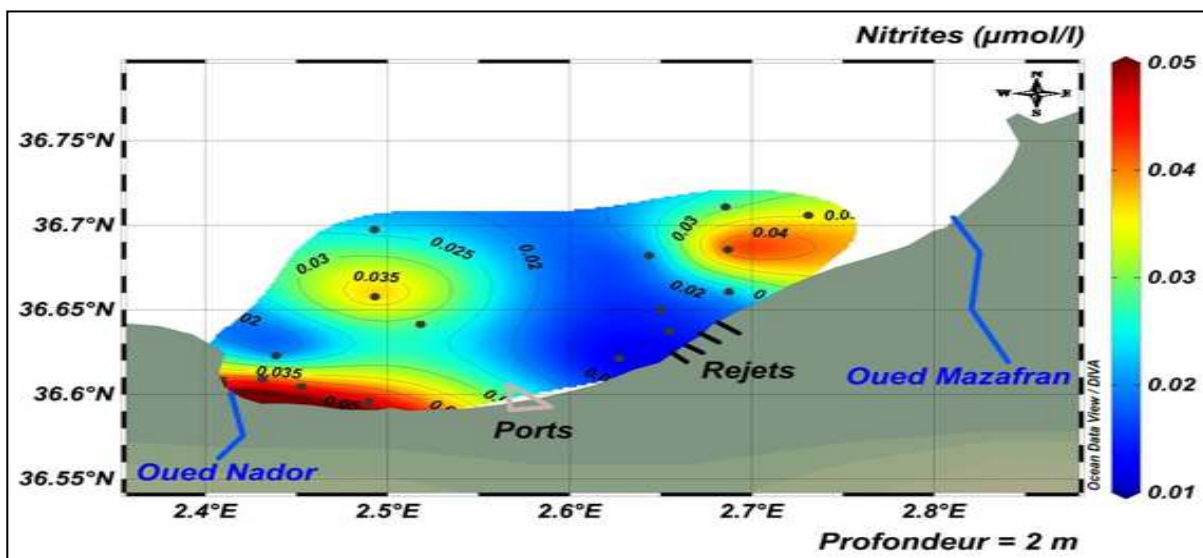


**Figure 4.44:** variations de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

**En surface :** La valeur la plus faible est observée au niveau de la station BB13 ( $0,01\mu\text{mol/l}$ ); alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station BB3 ( $0,02\mu\text{mol/l}$ ).

La station BB5 marque la valeur la plus élevée en surface ( $0,06\mu\text{mol/l}$ );

**En profondeur :** la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station BB2 ( $0,12\mu\text{mol/l}$ ).



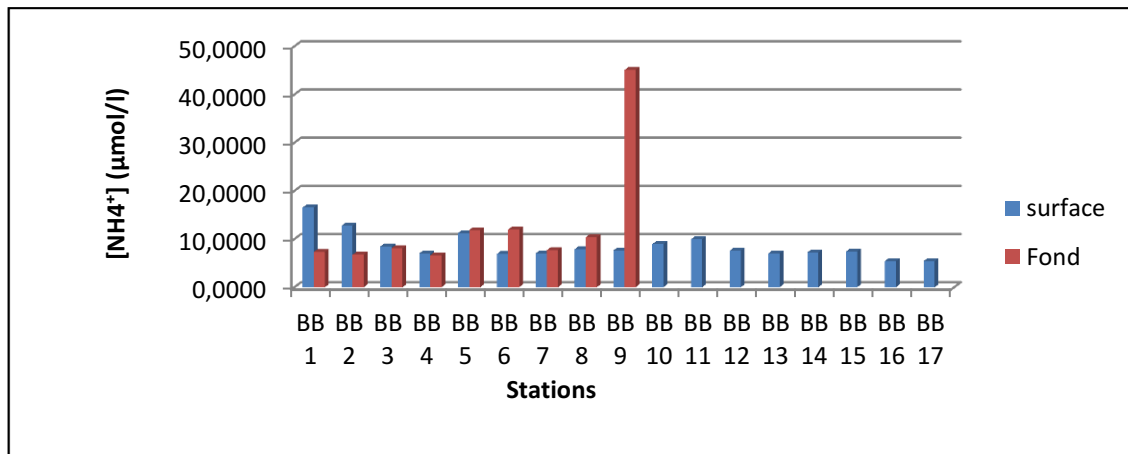
**Figure 4.45:** Carte de distribution horizontale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl.

La figure (4.45) montre la distribution des nitrites dans la baie en surface et en profondeur (voir annexe3) avec des valeurs différentes où on constate qu'en face les oueds mazafran et Nador et près du port de Bouharoun des valeurs très élevées en nitrites qui sont dues aux rejets et l'apport en eau douce et lessivage des terres agricoles.

Le mécanisme qui peut expliquer ces faibles quantités c'est que le nitrite est un élément instable en mer ; il est en phase intermédiaire entre l'ammonium et le nitrate.

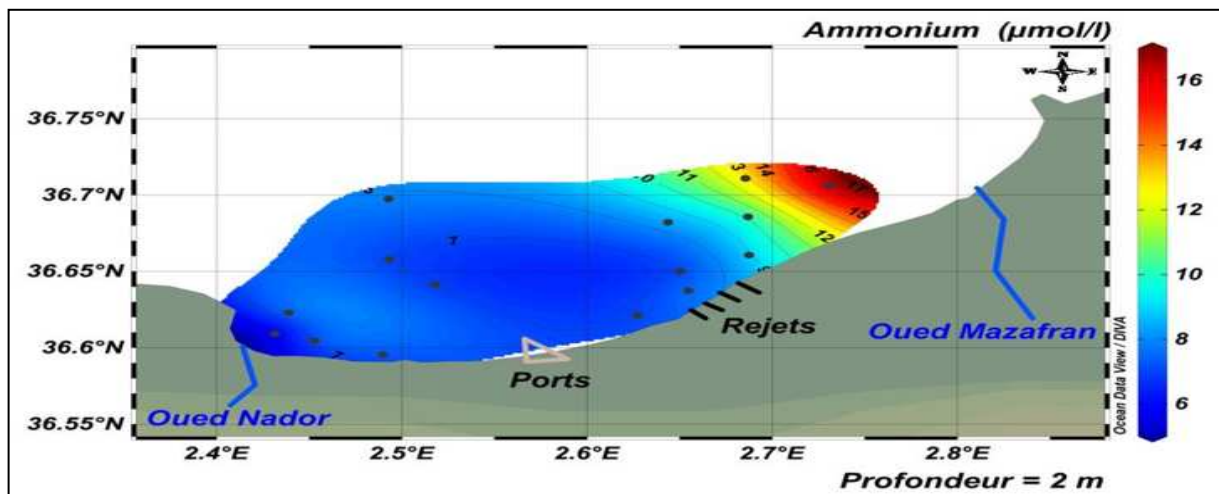
### I.2.1.3. Ammonium

Les valeurs moyennes de l'ammonium mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de  $8,7 \mu\text{mol/l}$  et de  $12,87 \mu\text{mol/l}$  avec un écart-type de 2,77 et de 12,26.



**Figure 4.46:** variations de la concentration de l'ammonium à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

**En surface :** La valeur la plus faible est observée au niveau de la station BB16 ( $5,43 \mu\text{mol/l}$ ) Alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station BB4 ( $6,64 \mu\text{mol/l}$ ). La station BB1 marque la valeur la plus élevée en surface ( $16,6 \mu\text{mol/l}$ ) et en profondeur la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station BB9 ( $45,1 \mu\text{mol/l}$ ).



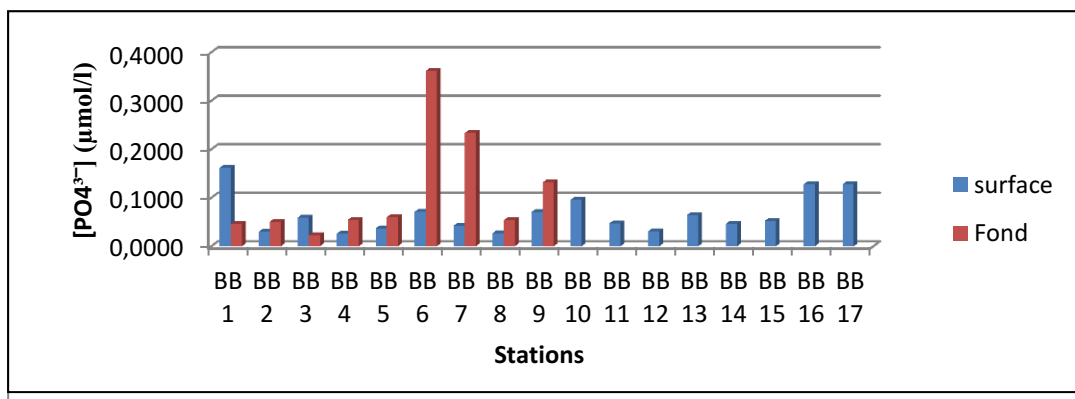
**Figure 4.47 :** Carte de la distribution horizontale d'Ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl.

L'ammonium en surface présente des grandes variations qui sont due probablement aux différents facteurs affectant leurs teneurs dans l'eau de mer (photosynthèse oxydation de la matière organique et les apports par les eaux usées )

Cette représentation horizontale permet de distinguer deux zones avec des concentrations différentes une zone ouest près du port Bou Haroun et en face oued Nador avec des teneurs faibles par rapport à la zone Est qui présente des concentrations plus élevées ceci peut être due aux apports de l'oued Mazafran par l'alimentation en eau douce.

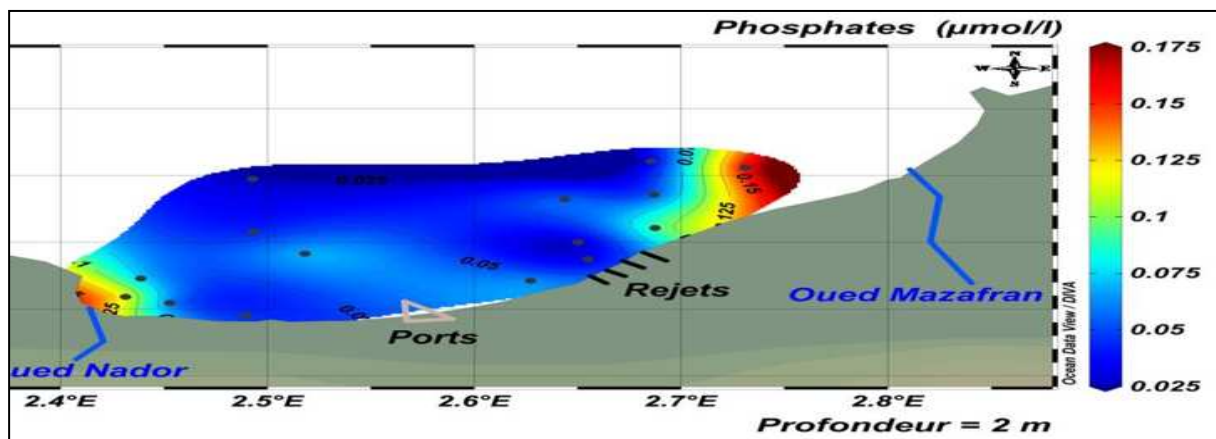
### I.2.1.4.Ortho-phosphates

La concentration des phosphates en surface varie entre un minimum de  $0,026\mu\text{mol/l}$  (BB4) et un maximum de  $0,16\mu\text{mol/l}$  (BB1), avec une valeur moyenne de  $0,06\mu\text{mol/l}$  et un écart type de  $0,04$ .



**Figure 4.48:** variations de la concentration des ortho-phosphates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

**En profondeur**, la moyenne est comprise entre  $0,023\mu\text{mol/l}$  (BB3) et  $0,36\mu\text{mol/l}$  (BB6), avec une valeur moyenne de  $,11\mu\text{mol/l}$  et un écart-type de  $0,11$ .



**Figure 4.49:** Carte de la distribution horizontale des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl.

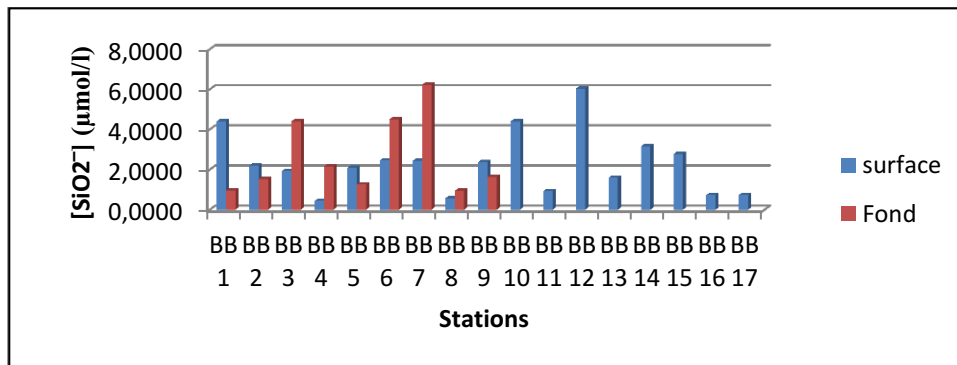
La figure (4.49) de la distribution spatiale horizontale des phosphates en surface montre que le maximum est observé au niveau de la station BB6, BB7 respectivement aux oueds Mazafran et Nador.

Les concentrations élevées du fond voir annexe (3) sont souvent interprétées comme le résultat de la décomposition de la matière organique produite en surface (Bethoux,1980) ainsi que par la diffusion à partir du sédiment marin (Tréguer *et al.* 1985).

Nous remarquons que tous les résultats obtenus varient entre [0 et 1  $\mu\text{mol/l}$ ], cet intervalle caractérise les eaux côtières non polluées.

### I.2.1.5.Silicium

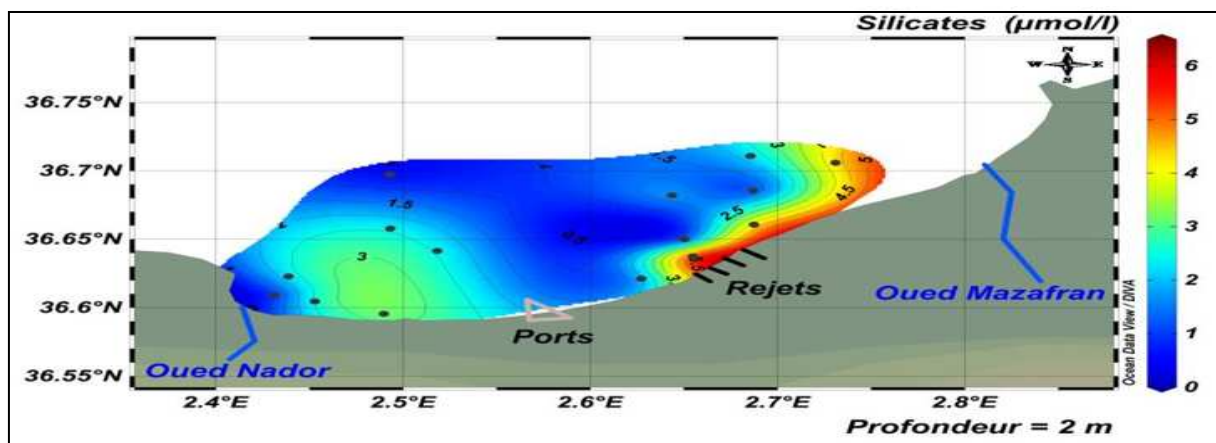
La baie de Bou Ismail est caractérisée par des teneurs en silicates élevées avec des valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de 2,41 $\mu\text{mol/l}$  et de 2,62 $\mu\text{mol/l}$  avec un écart-type de 1,53 et de 1,92.



**Figure 4.50 :** variations de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

**En surface :** La valeur la plus élevée est observée au niveau de la station BB12 (6,04 $\mu\text{mol/l}$ ) alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station BB7 (6,23  $\mu\text{mol/l}$ ).

La valeur la plus faible en surface est observée au niveau de la station BB4 (0,44 $\mu\text{mol/l}$ ) Alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station BB8 (0,94  $\mu\text{mol/l}$ ).



**Figure 4.51:** Carte de la distribution horizontale des silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismaïl.

La partie Est de la baie de Bou Ismail est caractérisée par des teneurs très élevées en silicates en comparaison avec la partie Ouest, avec une distribution typique d'une stratification des masses d'eaux, contrairement à l'autre partie subissant un mélange des masses d'eaux.

La distribution des silicates en surface figure (4.51) et au fond (voir annexe3) suit la même tendance de celle des phosphates avec une zone concentrée près des côtes et une zone appauvrie au large.

### I.2.1.6 Diagramme N-P

Le diagramme N-P de la baie de Bou Ismail indique une distribution dispersée de ces éléments, avec une corrélation très faible ( $R^2 = 0,255$ ). La valeur du rapport N/P est de 0.23 Elle est largement inférieure à celle généralement admise pour les eaux méditerranéennes (20-27) et pour l'océan mondial 16 (Redfield et al.1963).

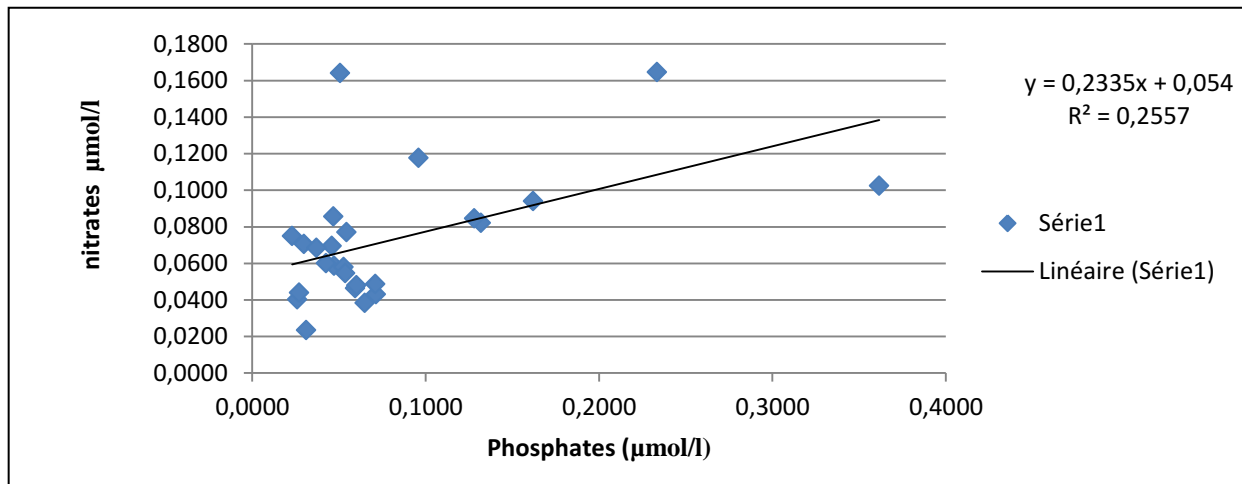


Figure 4.52: Diagramme N-P.

Ce résultat indique que le milieu est très perturbé par l'épuisement des nitrates dus à l'assimilation Phyto-planctonique et / ou par l'abondance excessive des phosphates par la pollution.

### I.2.2. Baie d'Alger

**Tableau 4.5:** Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie D'Alger

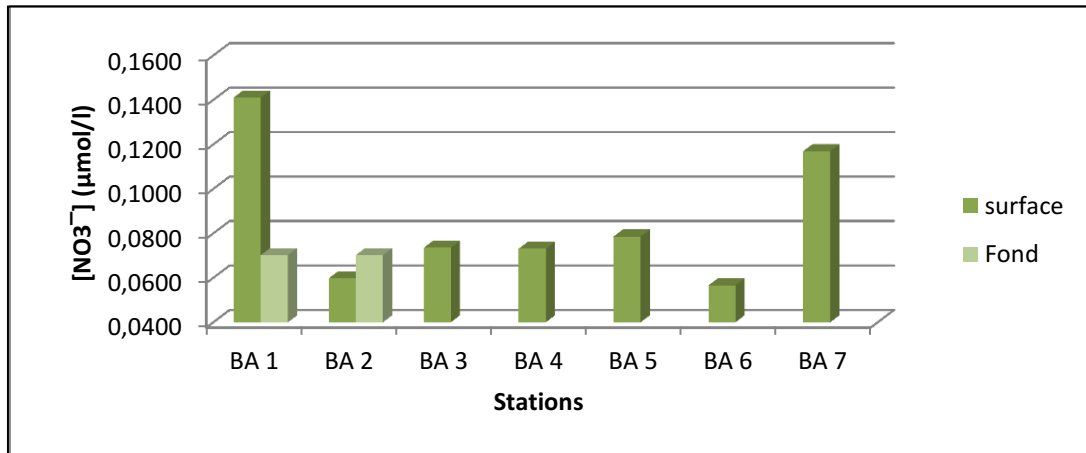
Ce tableau récapitule les valeurs obtenue après le dosage chimique automatisé des sels nutritifs par L'auto analyser pour les échantillons prélevés dans la baie d'Alger .

	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (µmol/l)		[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] (µmol/l)		[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] (µmol/l)		[PO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ] (µmol/l)		[SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] (µmol/l)	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
Min	0.0566	0.0702	0.0085	0.0329	6.3333	14.3153	0.0418	0.0486	0.8657	2.4927
Max	0.1411	0.0702	0.0916	0.0329	36.4726	14.3153	0.4604	0.0486	5.9442	2.4927
Moy	0.0857	0.0702	0.0432	0.0329	14.6143	14.3153	0.1416	0.0486	3.0469	2.4927
Ecart-type	0.0314	0.0000	0.0314	0.0000	10.3473	/	0.1453	/	1.9627	/

### I.2.2.1 Nitrate

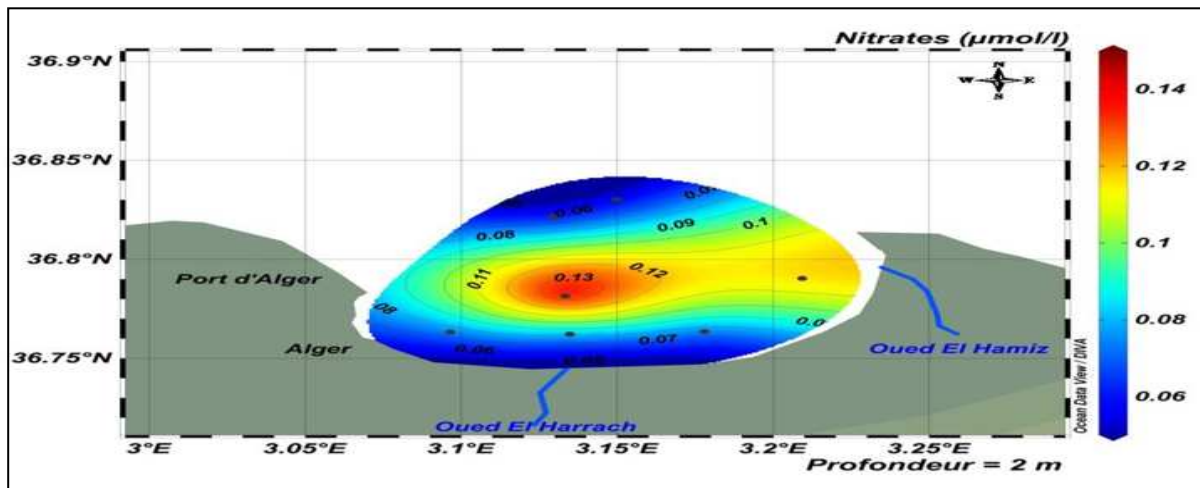
Les valeurs de la concentration des nitrates entre la surface et le fond varient considérablement. Les teneurs les plus élevées en surface, se réfèrent aux stations BA1 et BA7.

En surface, la valeur moyenne mesurée est de  $0,085 \mu\text{mol/l}$  et un écart-type de  $0,03$  avec un minimum de  $0,056 \mu\text{mol/l}$  mesuré au niveau de la station BA6 et un maximum dans la station BA1.



**Figure 4.53 :** Variations des nitrates à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

La distribution spatiale des nitrates montre des fortes teneurs dans le centre de la baie et aussi dans la Zone à proximité d'oued El Hamiz

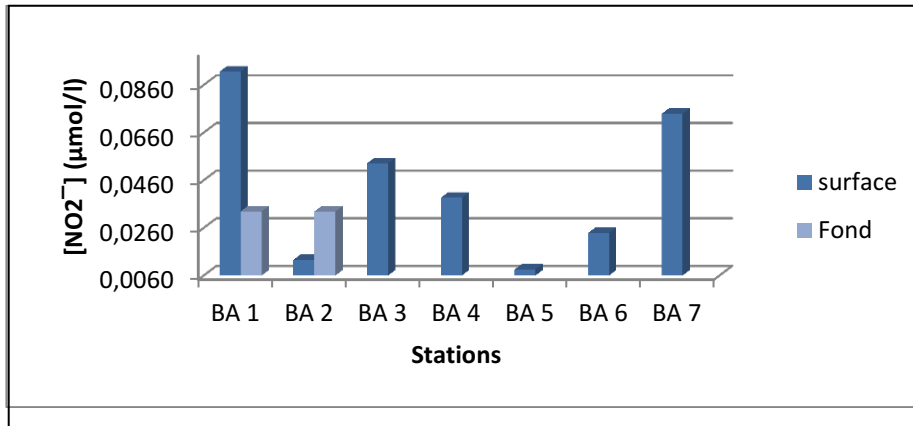


**Figure 4.54 :** Carte de distribution horizontale des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger.

Diverses raisons peuvent être évoquées pour expliquer ces fortes teneurs en surface qui sont : L'activité bactérienne intense, à savoir l'oxydation des nitrites en nitrates par les bactéries nitrifiantes (phénomènes de nitrification). Notons toutefois que c'est au niveau de cette même zone qu'on retrouve les valeurs les plus élevées en ammonium, nitrites et de la MOP ; Diffusion à partir du fond marin où il peut y avoir une oxydation importante de la matière organique.

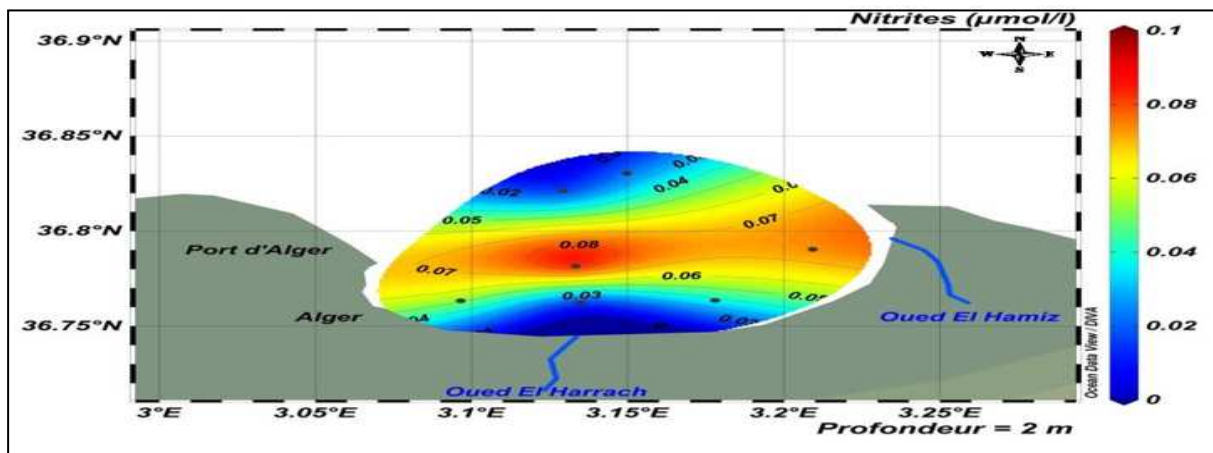
### I.2.2.2. Nitrites

**En surface** : la valeur moyenne observée est de  $0,0432 \mu\text{mol/l}$  et un écart-type de  $0,0314$ . Les valeurs sont dans l'intervalle de  $[0,008-0,09 \mu\text{mol/l}]$ .



**Figure 4.55** : Variations de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

En surface La station BA5 marque la valeur la plus faible où l'influence côtière se fait beaucoup moins sentir et les stations BA1 et BA7 sont les valeurs les plus élevées, ces stations sont situées près de la côte, entre l'embouchure de l'oued El Hamiz et la passe sud du port d'Alger.

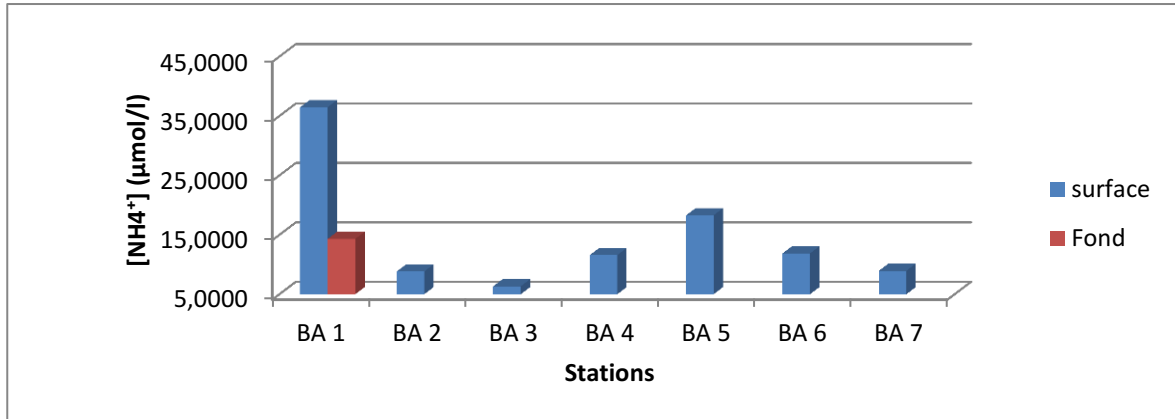


**Figure 4.56** : Carte de la distribution horizontale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger.

Les apports en eaux usées non traitées où celles du port peuvent être la cause de cette observation. La représentation horizontale en surface des nitrites est comparable à celles des autres sels (nitrates, ammonium) avec une distinction notable entre le large et la côte.

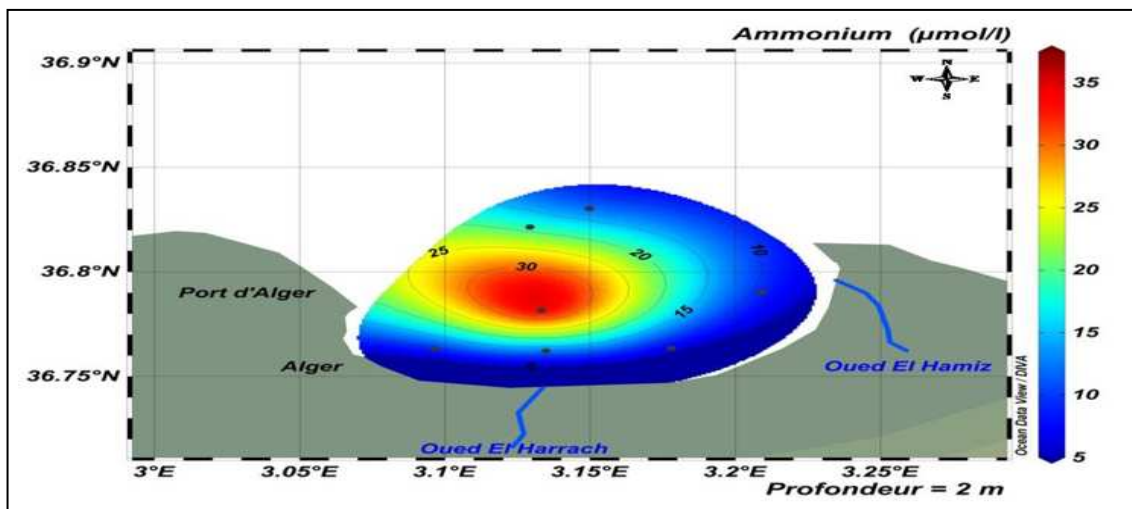
### I.2.2.3 Ammonium

Les teneurs en ammonium dans la baie d'Alger sont relativement élevées dans l'ensemble des stations. Les valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de  $14.6 \mu\text{mol/l}$  et de  $14.3 \mu\text{mol/l}$ .



**Figure 4.57 :** Variations de la concentration d'ammonium à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

En surface, La valeur la plus faible est observée au niveau de la station BA3, elle est de l'ordre de  $6.33 \mu\text{mol/l}$  ; alors que la valeur la plus élevée est mesurée au niveau de la station BA1 ( $36.47 \mu\text{mol/l}$ ).



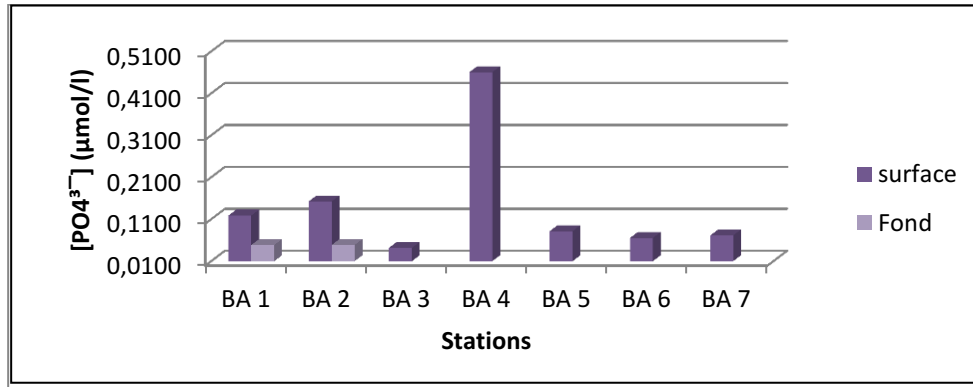
**Figure 4.58:** Distribution horizontale d'ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger.

Ces fortes teneurs sont dues probablement aux apports d'eaux usées urbaines et les déversements des Oueds dans la baie, causant ainsi l'enrichissement du milieu en ammonium. Ou à la photo-oxydation de la matière organique apportée par les oueds.

### I.2.2.4 Ortho-phosphates

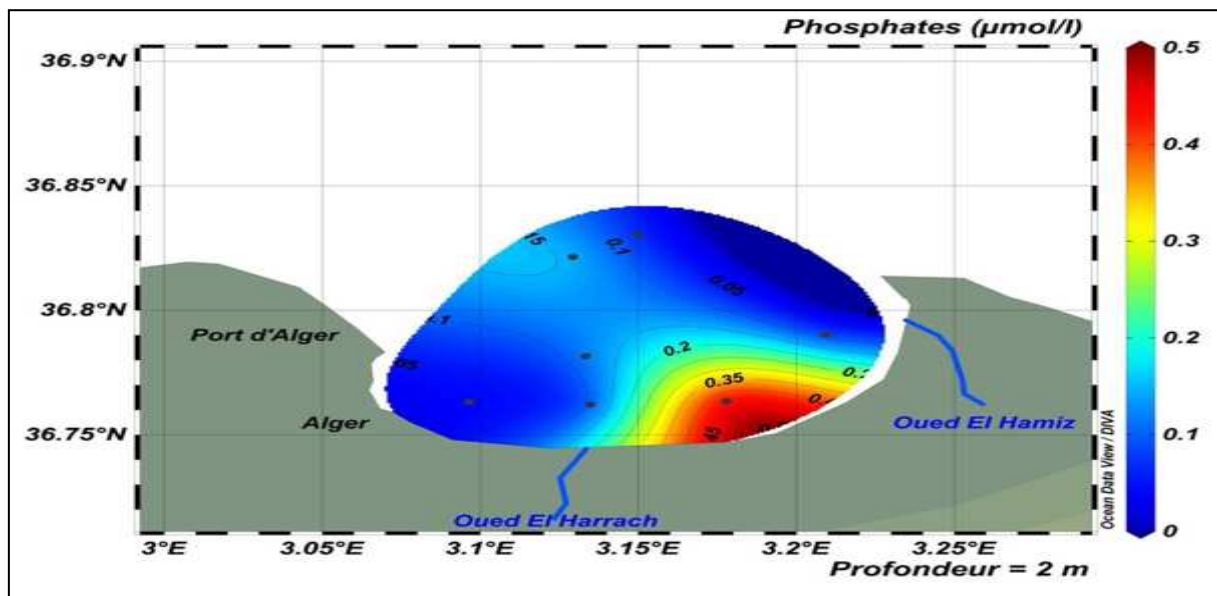
Les teneurs en phosphates dans la baie d'Alger sont relativement élevées, sachant que, dans les conditions normales, leurs concentrations dans l'eau de mer sont à état de trace.

La concentration des phosphates en surface varie entre un minimum de 0,0418  $\mu\text{mol/l}$  (BA3) et un maximum de 0,46  $\mu\text{mol/l}$  BA1, avec une valeur moyenne de l'ordre de 0,1416  $\mu\text{mol/l}$  et un écart-type 0,1453.



**Figure 4.59 :** Variations de la concentration des ortho-phosphates à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

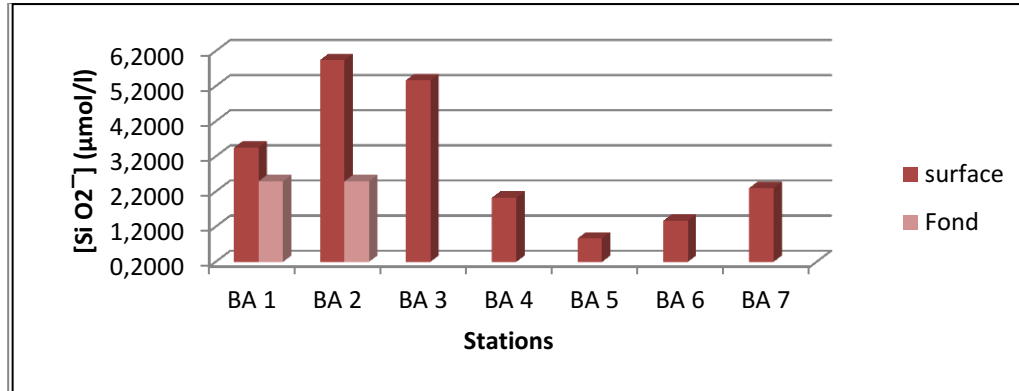
On distingue bien deux zones avec une zone côtière très chargée en phosphates apportés par les eaux continentales (Rejets urbains chargés en détergents évacués et déversés par les deux oueds Hamiz et El Harrach )et une zone plus au large appauvrie par rapport à la zone côtière.



**Figure 4.60 :** Carte de distribution horizontale des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie d'Alger.

### I.2.2.5 Silicium

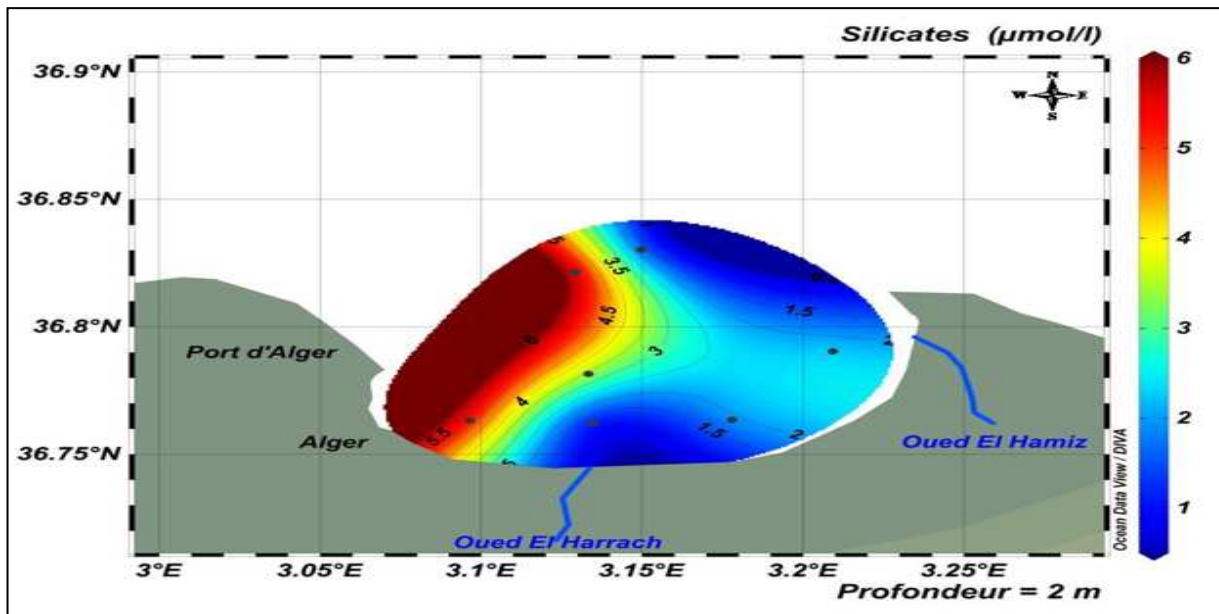
La variation des teneurs en silicates en surface sont de l'ordre de : l' écart-type 1.96. le minimum est de 0,86  $\mu\text{mol/l}$  (la station BA5) le maximum est de 5.94  $\mu\text{mol/l}$  au niveau de la station BA2 et la valeur moyenne est de 3.04  $\mu\text{mol/l}$ .



**Figure 4.61:** Variations de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie d'Alger.

La valeur la plus importante est mesurée au niveau du port d'Alger.

L'influence des eaux continentales et des Oueds est nettement ressentie provoquant l'enrichissement du milieu en silicates.



**Figure 4.62:** Carte de distribution horizontale des silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface dans la baie d'Alger.

### I.2.3 Baie de Zemmouri

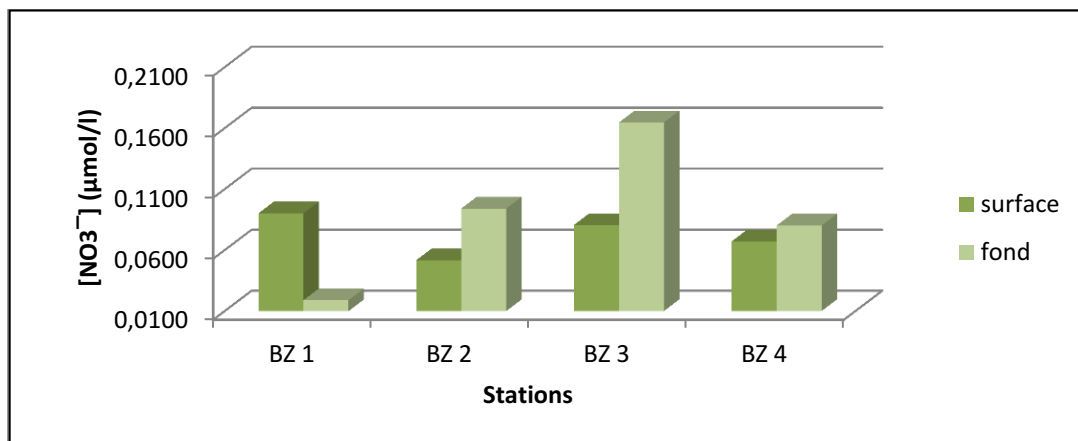
**Tableau 4.6:** Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de zemmouri

Les résultats suivants montrent les variations de dosage chimique des sels nutritifs sous forme de valeurs maximales minimales, ainsi que leurs moyennes et écart types sous forme d'un tableau récapitulatif de la baie de Zemmouri.

	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (µmol/l)		[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] (µmol/l)		[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] (µmol/l)		[PO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ] (µmol/l)		[SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ] (µmol/l)	
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
Min	0.0517	0.0190	0.0184	0.0018	7.9455	6.3880	0.0283	0.0113	1.2944	1.3546
Max	0.0902	0.1646	0.0485	0.0731	8.5660	7.9272	0.0675	0.0607	3.1639	4.8896
Moy	0.0724	0.0894	0.0326	0.0363	8.2619	7.1987	0.0441	0.0359	2.5287	2.9273
Ecart-type	0.0168	0.0598	0.0126	0.0345	0.3160	0.6423	0.0167	0.0210	0.8605	1.4736

#### I.2.3.1. Nitrates

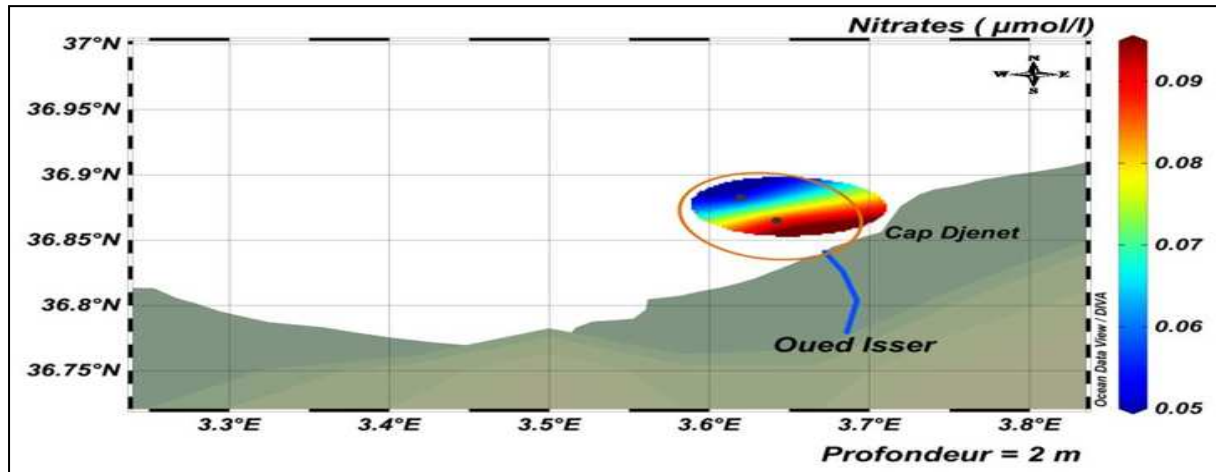
La concentration des nitrates dans la baie de Zemmouri est faible en surface. On a enregistré un minimum de 0,05 µmol/l au niveau de la station BZ2 et un maximum de 0,09µmol/l au niveau de la station BZ1 avec une moyenne de 0,07 µmol/l. Par contre en profondeur les résultats indiquent une légère augmentation de la concentration des nitrates surtout dans la station BZ3 près de l'Oued Isser avec une teneur de 0.16µmol/l.



**Figure 4.63:** Variations de la concentration des nitrates à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.

Les fortes valeurs de nitrates se situent dans l'embouchure de l'oued Isser ces teneurs s'atténuent en allant de la cote vers le large selon la figure (4.64)

Cet enrichissement peut être dû à : l'oxydation des nitrites en nitrates par les bactéries la diffusion à partir du fond marin où il peut y avoir une oxydation importante de la matière organique.

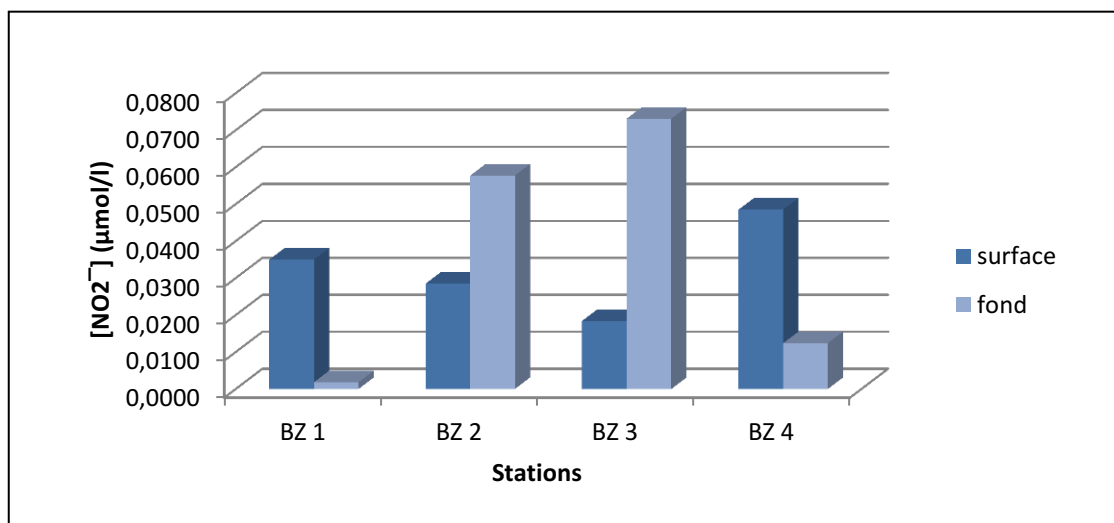


**Figure 4.64:** Carte de distribution horizontale des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri.

### I.2.3.2. Nitrites

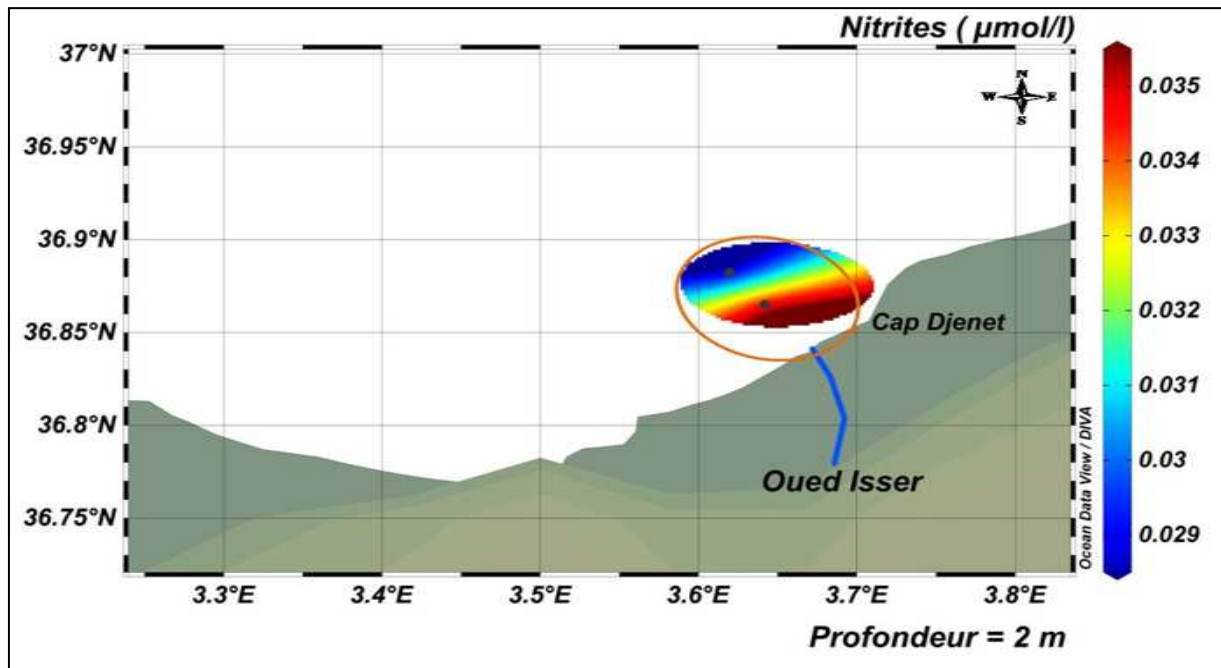
Comme la baie d'Alger, la concentration nitrites à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri varie peu à l'échelle spatiale avec une moyenne de  $0.03 \mu\text{mol/l}$ .

En surface la valeur maximale est de l'ordre de 0.04 le minimum est de 0.01 et un écart type de 0.012.



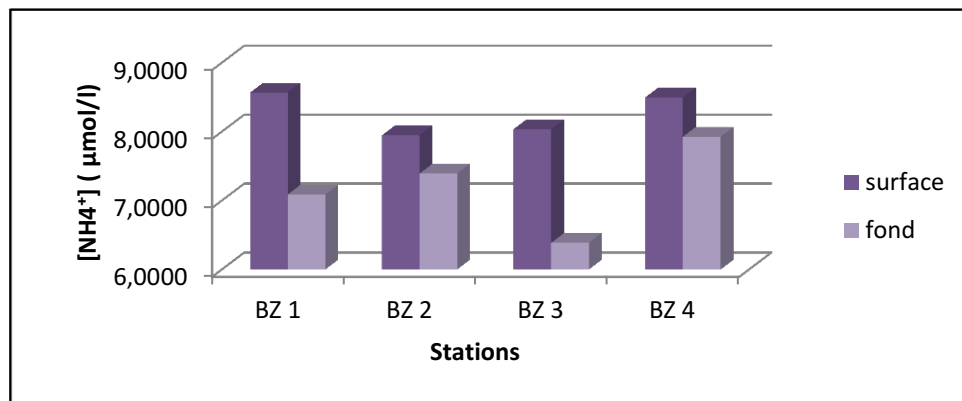
**Figure 4.65:** Variations de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.

On constate d'après la figure (4.66) des valeurs importantes en nitrites à l'embouchure de l'oued Isser face à ses rejets, les ions nitrites sont instables et intermédiaires de l'azote entre l'ammonium et les nitrates.



**Figure 4.66:** Carte de distribution horizontale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri.

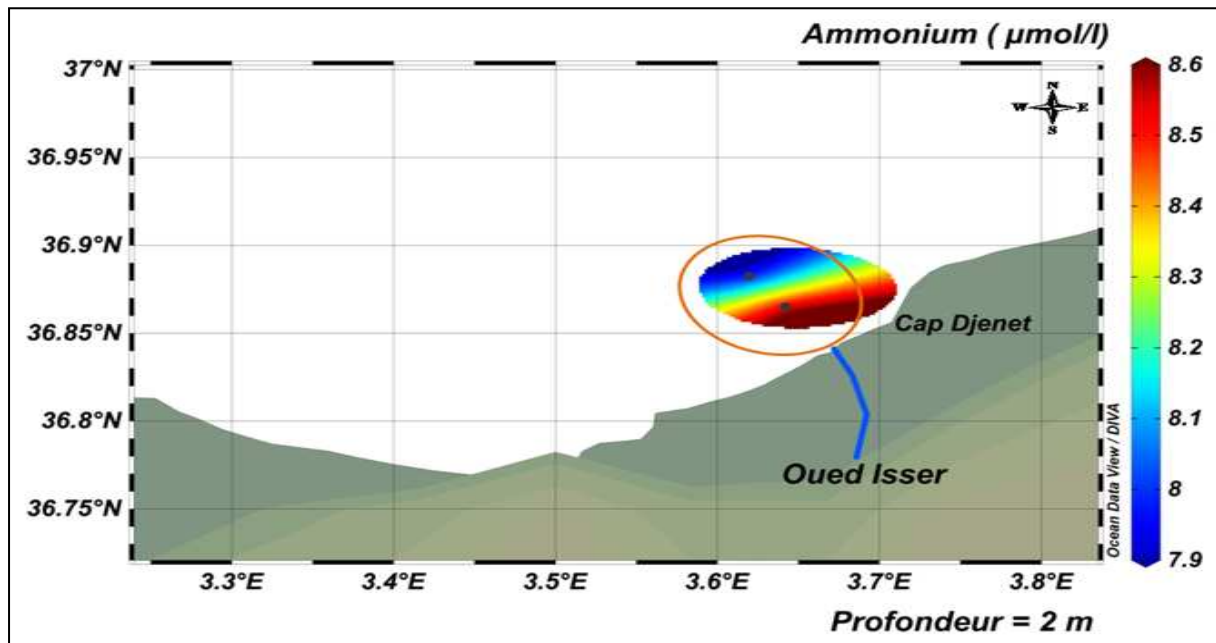
### I.2.3.3 Ammonium



**Figure 4.67 :** Variations de la concentration d'Ammonium à différentes profondeurs dans la baie de zemmouri

La concentration de l'ammonium en surface varie entre un minimum de  $7.94\mu\text{mol/l}$  (BZ2) et un maximum de  $8.56\mu\text{mol/l}$  (BZ1), avec une valeur moyenne de  $8.26\mu\text{mol/l}$  et un écart-type de 0.31.

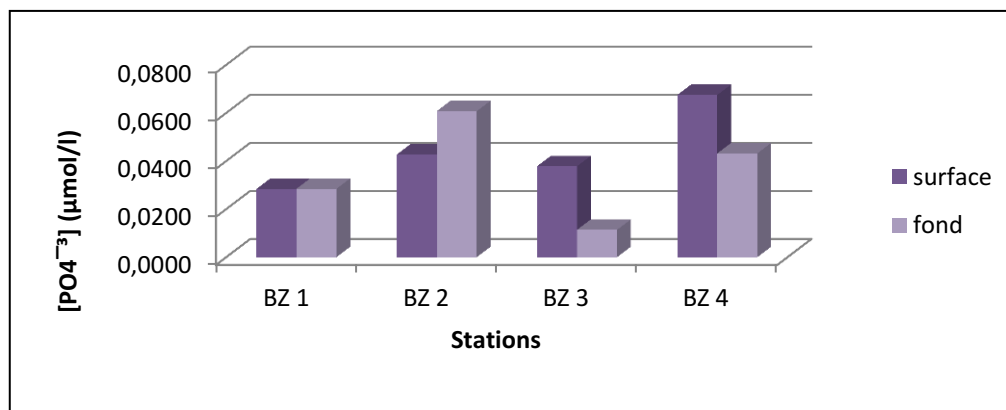
En profondeur, la teneur est comprise entre  $6.38\mu\text{mol/l}$  (BZ3) et  $7.92\mu\text{mol/l}$  (BZ4), avec une valeur moyenne de  $7.19\mu\text{mol/l}$  et un écart-type de 0,64.



**Figure 4.68:** Carte de distribution horizontale d'Ammonium ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri.

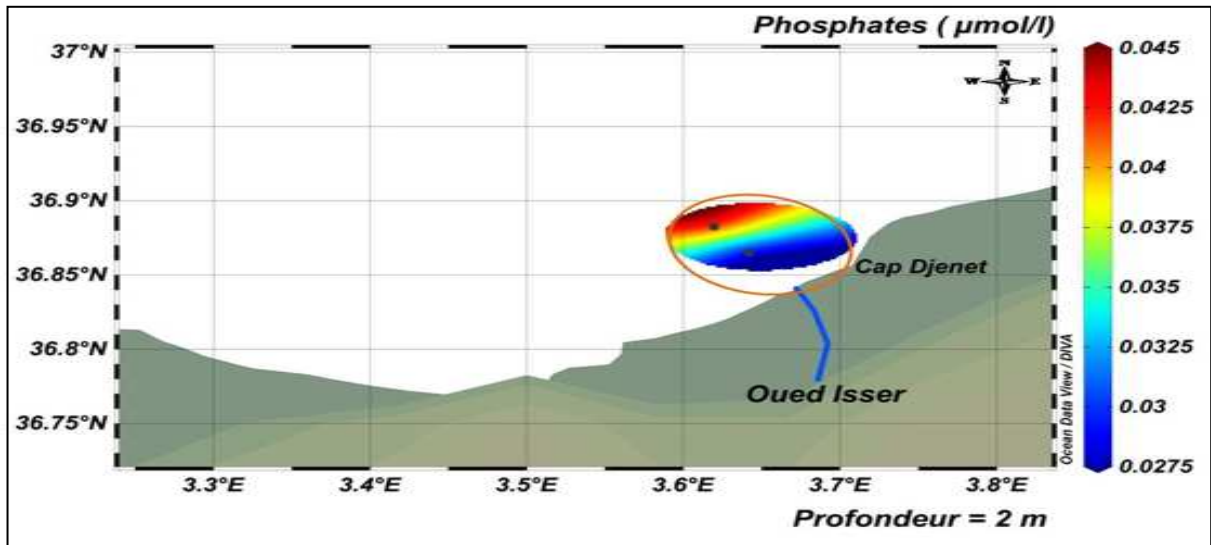
### I.2.3.4 Ortho-phosphates

Le même cas se reproduit dans la baie de Zemmouri où on a enregistré des valeurs relativement Élevées des phosphates à différentes profondeurs avec des moyennes ( $0.044\mu\text{mol/l}$  en surface  $0.03\mu\text{mol/l}$  au fond).



**Figure 4.69 :** Variations de la concentration des ortho-phosphates à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.

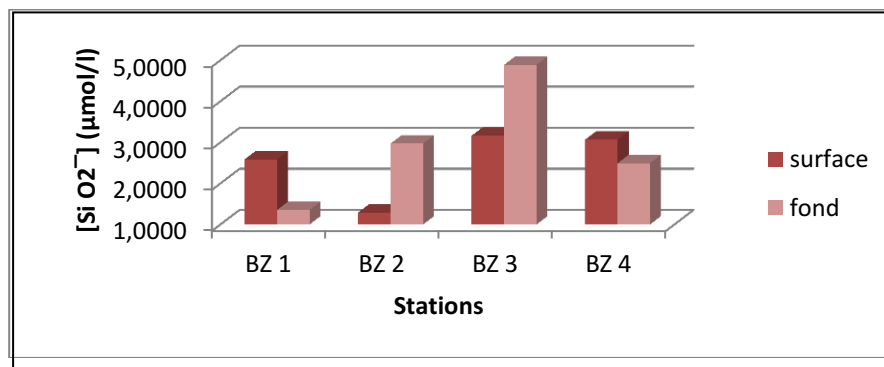
Les teneurs maximal dans les deux niveaux sont ( $0.067\mu\text{mol/l}$  à la surface –  $0.06\mu\text{mol/l}$  au fond).le minimum en surface est de l'ordre de  $0.028$  et en profondeur il est de  $0.011$ .



**Figure 4.70:** Carte de distribution horizontale des ortho-phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri.

### I.2.3. 5. Silicium

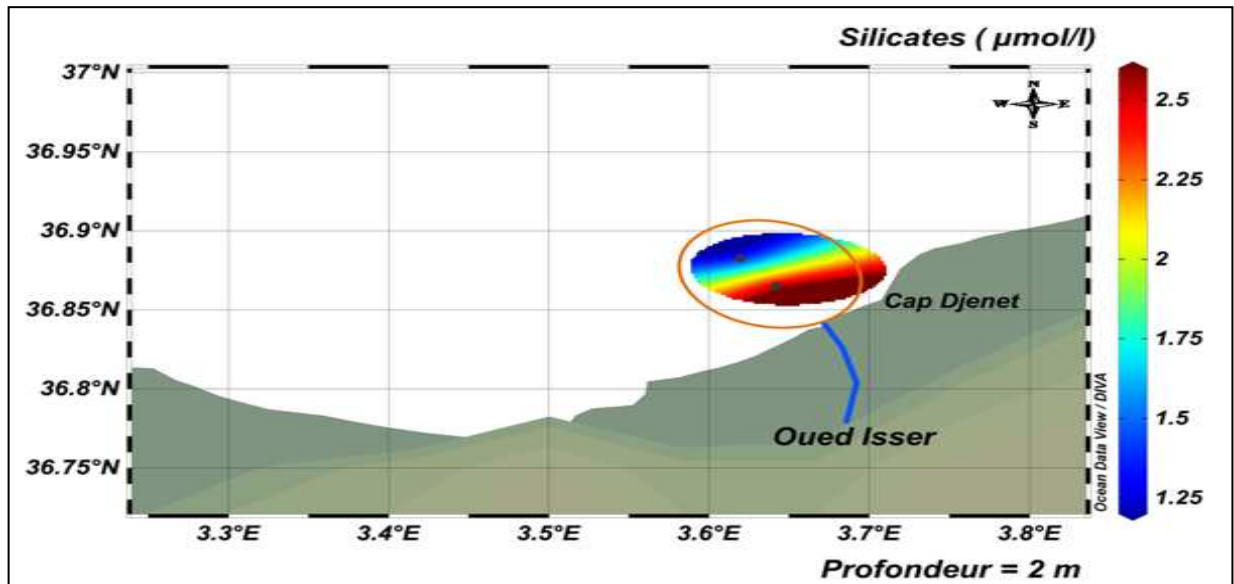
En ce qui concerne la baie de Zemmouri, les valeurs moyennes mesurées en surface et en Profondeur sont respectivement de l'ordre de  $2.528\mu\text{mol/l}$  et de  $2.927\mu\text{mol/l}$  avec un écart-type de  $0.86$  et de  $1.47$



**Figure 4.71:** Variations de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie de Zemmouri.

La valeur la plus faible à différentes profondeurs est observée au niveau de la station BZ2 (1.29  $\mu\text{mol/l}$ ).

La station BZ3 marque la valeur la plus élevée en surface et en profondeur (3.16  $\mu\text{mol/l}$ ) (4.88  $\mu\text{mol/l}$ ) oued Isser .



**Figure 4.72** Carte de distribution horizontale des silicates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux de surface de la baie de Zemmouri.

**[ Conclusion ]**

La présente étude est dans le but de suivre l'évolution de l'état de la pollution par les sels nutritifs dans la baie d'Alger, Bou Ismail et la baie de Zemmouri, et donc d'apprécier globalement la qualité des eaux du milieu marin côtier du littoral algérois et d'estimer le degré de sa pollution .

Des mesures des paramètres ont été effectuées immédiatement à bord, alors que d'autres nécessitant des équipements analytiques plus performants qui sont réalisées aux laboratoires. Cette expérience a permis d'avancer un travail de terrain et d'équipe et de maîtriser l'utilisation des matériaux et des techniques de mesures au laboratoire qu'au terrain et de se familiariser avec les différents protocoles d'analyse.

L'analyse des paramètres physico-chimique montre que : La température est influencée par celle de l'air ce qui reflète la saison estivale et que les concentrations moyennes de salinité qui ont été enregistrées sont de l'ordre de 36,40 psu, ces teneurs sont faibles par rapport à celle de la méditerranée, ceci peut être expliqué par les apports continentaux des différents oueds qui se déversent dans les trois baies et donc l'influence des eaux douces sur l'eau de mer .

Pour l'analyse des sels nutritifs, la fiabilité, la précision et surtout la rapidité qu'offre l'auto analyseur *Skalar® San Plus Analyser*, constitue un gain considérable qu'on ne pouvait acquérir par la méthode manuelle. Où nous avons relevées des taux assez importants de certains sels nutritifs fertilisants d'origines anthropiques, domestiques ou agricoles surtout les phosphates ces derniers sont à l'origine d'un déséquilibre dans ces deux systèmes aquatiques, qui génèrent une instabilité au niveau du rapport de Redfield.

Les résultats obtenus ont montrés que toute la côte algéroise est exposée à des rejets d'eaux usées non traités, au vidange des bateaux et déballastage qui ont conduit à une pollution marine évidente.

A ce titre quelques recommandations et perspectives s'imposent pour pouvoir mener à bien une étude révolutionnaire

### Recommandations

#### 1-Concernant la recherche

- Aller profondément dans la détermination de la composition de la matière organique dissoute et son origine ;
- Déterminer la nature et la composition des polluants chimiques rejetés en mer pour pouvoir les appréhender et les éliminer.

#### 2-Concernant le domaine pratique

- L'utilisation d'un réseau très serré de stations d'échantillonnage avec notamment plusieurs niveaux de prélèvements, afin de pouvoir cerner toutes les anomalies existantes et leurs immersions correspondantes.
- Assurer un suivi saisonnier et /ou mensuel aux différentes recherches ;
- Encourager l'installation des capteurs de mesure des paramètres physiques de l'eau de mer, afin de mieux comprendre le fonctionnement environnemental du bassin algérois sous la pression anthropique, afin de prendre des mesures préventives ou bien draconiennes.

### Perspectives

- L'utilisation de la méthode automatisée par le SUN+ (auto-analyseur des sels nutritifs) restent choix stratégique afin d'augmenter la précision et de minimiser le temps et les efforts ;
- Essayer d'utiliser le couple télédétection et mesures *in-situ* pour avoir une vue synoptique sur l'évolution spatiale et temporelle de la pollution en mesurant à distance et/ou sur terrain les paramètres physico-chimique (surtout la chlorophylle) et les sels nutritifs.

*Références  
bibliographiques*

### A

- AFNOR (1999).** Qualité de l'eau. Dosage des matières en suspension. Méthode par filtration sur filtre en fibre de verre. Norme NF EN 872. Qualité de l'eau, 2, 113-122 p.
- Al Sid Chikh S., et al., (2009).** Diagnostic du littoral Ouest Algérois pour une gestion intégrée. The 5th International Symposium on Sandy beaches, which will be held in Rabat, Morocco 19-23 October 2009.
- Aminot A. et Chausse-Pied M., (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, France : CNEXO, 395 p.
- Aminot A. et Kérouel R., (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. France : Ifremer 336 p.
- Amrouche W., Khechni A., (2012).** *Suivi des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans les eaux littorales de l'Algérois*, Mémoire d'ingénieur. Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 5 p.
- Amarouche.W., (2012).** *Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans la baie d'Alger : étude rétrospective et influence continentale et des eaux du large*, Mémoire de Master, Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 19 p.
- ANIREF., (2013).** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière. Document non publié. TIPAZA : ANIREF.
- ANRH., (2003).** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Document non publié. Alger : ANRH.
- ASSO., (1982).** Contribution à l'étude des polluants métallique chez la moule *Perne perna* (L) dans la région d'Alger.

### B

- Benhalima M., Baha, M., (2013).** *Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans les eaux côtières algéroises (les baies d'Alger, Bou-Ismaïl, Zemmouri)*. Mémoire d'ingénieur. Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 4 p.
- Benschneider, K et al. (1952).** A new spectrophotometric determination of nitrite in seawater. *Journal Marine Research*, Vol.11, 23-31 p.
- Bentebbal B. et Tichouiti K., (1999).** *Essai d'évaluation et de caractérisation de la contamination dans le golf de Skikda (Algérie)*. Mémoire d'ingénieur. ISMAL : Algérie, 58 p.
- Benzohra, M et Millot, C. (1995).** Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses off Algeria. *Elsevier Science*. Pergamon, 1995, Vol. 42, 10 p.
- Béthoux I.P., (1980).** Le phosphore et l'azote en mer méditerranée, bilan et fertilité potentielle, *marine chemistry*, Vol 10, 141-158 p.
- Bouget J. F., (2008).** Suivi trophique en baie de Quiberon en 2008. *Paris : Ifremer*, 12 p.
- Boulahdid M., (1987).** *Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer : étude du mélange des masses d'eau et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan*. Thèse de doctorat. Géochimie fondamentale. France : Université de PARIS VII, p.31-66., 226 p.
- Boulahdid M., (2006).** Mécanismes biochimiques de la production de la matière organique.

## Références bibliographiques

---

**Braïk, D J. (1989).** *Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou Ismail - Sédimentologie-Problèmes d'érosion du littoral-Aménagement. Thèse Magistère en Géologie.* Alger : U.S.T.H.B, 1989. 174 p.

**Bricaud A. et Morel A., (1987).** « Atmospheric corrections and interpretation of marine radiances in CZCS imagery: use of a reflectance model ». *Oceanol. Acta*, 33-50 p.

### C

**Cabane F., (2007).** Lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral. France : *Ifremer*, 278 p.

**Caulet J., (1972).** Les sédiments organogènes du pré-continent algérien. Mémoire, Paris : Muséum National Histoire Naturelle. Série C, 25, 289 p.

**Chavance, P et al., (1986).** Niveau d'exploitation en 1982 et potentialité régionale de la pêche chalutière algérienne. Application d'un modèle de production composite. *FAO. fish.rep* , Vol.347, 113-134 p.

**Collignon J., (1991).** Ecologie et biologie marines : Introduction à l'halieutique. *Paris : Masson*, 298 p.

**Copin-Montégut G., (1996).** Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Paris : Institut Océanographique ,319 p.

### D

**Dagorne. A., (1973).** Sédimentologie et bionomie benthique en baie de Bou-Ismaïl (ex : Castiglione). *Bull. Inst. Oceanogr. D'Alger. Pelagos.*, Vol. IV, Fasc, 2, 40 -53 p.

### E

**EMILIAN, K., (2004).** Traitement des pollutions industrielles: eau, air, déchets, sols, boues. France : Dunod. 424 p.

### F

**Ferrani A., et Chehaima., L-T., (1998).** *Contribution à l'élaboration des données de base de la baie de Zemmouri et l'étude du site de Palm Beach (Baie de Bou-Ismaïl)*, mémoire d'ingénieur, Alger : ISMAL, 127 p.

### G

**Gaujous D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. *Edition : Technique et documentation*, 217 p.

**GESAMP., (1983)** ; Convention des Nations Unies sur le droit de la mer 0.747.305.15

**Grosclaude G., (1999).** L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210 p.

**Guidou O, Touzi W., (2016).** *Mise en place d'une base de données sédimentologiques dans le domaine côtier de la grande baie de Zemmouri (Etablissement de la carte morpho sédimentaire)*. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement. Alger : ENSSMAL ,88 p.

## Références bibliographiques

---

### H

**Haddouche. I., (2003).** *Etude de l'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds.* Mémoire Ingénieur d'état en aménagement. ISMAL : Alger, 88 p.

**Harkat I., (2017).** *Etude et suivi des paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans les eaux côtières de la baie de Bou Ismail.* Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL : Alger, 5,111 p.

**Houma-Bachari F., (2009).** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir d'imagerie satellitaire. *Thèse de doctorat en Science de l'univers et environnement, Paris XII : Université de Val de Marne, 257 p.*

### I

**Ivanoff A., (1972).** Paramètres physico-chimiques des eaux de mer. *Tome I, Edition : Librairie Vuibert, 208 p.*

### J

**Jacques G., et Treguer P., (1986).** Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie, Paris : Masson, 243 p.

**Jeandel C., (1998).** Les humeurs de l'océan. Les particules. *Edt Française des scientifiques Américains : 58- 60 p.*

### K

**Kankou M., (2004).** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. *Docteur de l'Université de Limoges, France, 159 p.*

**Khechni A.,(2012) .** *Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl : étude rétrospective et influence continentale et des eaux du large.* Mémoire de Master. Environnement marin. Alger : ENSSMAL 11-12-18 p.

**Khedimi F. et Abderrahmani K.,(2008) .** *Baie d'Alger : Etude de quelques paramètres de gestion du littoral et apport de la télédétection.* Mémoire d'ingénieur, ISMAL : Alger, 76 p.

**Korichi H. S., (1988).** Contribution à l'Etude Biologique des deux espèces de saurels : *Trachurus trachurus* (LINNE, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (STEINDACHNER, 1868) et de la dynamique de *Trachurus trachurus* (LINNE, 1758) en baie de Bou-Ismaïl (Alger). *Thèse de magister, Alger : ISMAL, 238 p.*

### L

**Lacaze J-C., (1996).** La pollution des mers. *France : DOMINOS Flammarion, 128 p.*

**Lacaze J-C., (1996).** L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestations, moyens et lutte. *Edition : Ellipses, 191 p.*

**Leclaire. L. ; (1972) :** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro - Baléares (pré-continent algériens). Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle. Nouvelle série C. Science de la Terre, Tome XXIV.391 p.

## Références bibliographiques

---

- LE GAL Y. et al, (1988)** : Biochimie marine. Paris : Masson, 285P. préface Pr.F. Gros
- LEM.,(1998)**. Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. *Laboratoire d'Etudes Maritime, Alger, Algérie.*
- Leroy J-B., (1999)**. La pollution des eaux. *France : le point des connaissances actuelles* 126 p.
- Levitus S. et al.,( 1993)**. Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. *Programme Océanographique, Vol. 31, 245-273 p.*
- Lokmane D., (1993)**. Caractéristique physico-chimiques des eaux de la baie de Zemmouri, mémoire DEUA, option, chimie marine, Alger : ISMAL, 33 p.

### M

- Madi F ., (2009 )**. *Apport du système d'information géographique (SIG) pour la modélisation de la couleur des eaux marines. (Cas : la baie d'Alger)*. Mémoire d'ingénieur, Alger : ENSSMAL, 4-18-111 p.
- Maouche S., (1987)**. Mécanismes hydro sédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. *Thèse de doctorat, France : Université de Perpignan, 213 p.*
- Marchand M., (1983)**. Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectrofluorimétrie UV. In C.N.E.X.O. Manuel des analyses chimiques en milieu marin, 329-336 p.
- Mennad., (2008)** ; La bioaccumulation des métaux traces par le pageot commun (*pagellus erythrinus*) dans la côte algérienne : influence de la composition biochimique.
- Millero, F.J; (2013)**. *Chemical oceanography. USA : CRC Press , 290 p.*
- Millot. C, Taupier-Letage. I et Benzohra. M., (1990)**. The Algerian eddies. *Earth Scien Reviews, 27, 203 – 219 p.*
- Mullin J.B. et Riley J.P.,(1955)**. The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta, 12 : 162-170 p.*
- Mullin J.B. et Riley J.P., (1962)**. A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta, 27 : 31-36 p.*

### O

- ONM., (2010)**. Le climat en Algérie (mise à jour du 21 Avril 2010). Document non publié. Alger : *Office National de la Météorologie.*

### P

- PAC., (2005)**. Analyse de durabilité dans le cadre du PAC « Zone côtière algéroise" (Algérie). Rapport final, Alger : Plan d'Action Côtier , 5 p.
- Pelletier C., (2009)**. Mesure de turbidité : Référence R2355. *Paris : Techniques de l'ingénieur.*
- Pilson, M.Q.E.,(2013)**. *An introduction to the chemistry of the sea.* UK : CAMBRIDGE ,533 p.

## Références bibliographiques

---

### R

**Raimbault P., et al. (1992).** Origin of high phytoplankton concentration in deep chlorophyll maximum (DCM) in a frontal region of the Southwestern Mediterranean Sea (Algerian Current). *Deep-Sea Research I. Vol. 40. N° 4.* 791 p.

**Ramade F., (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *France:Ediscience International* 690 p.

**Riley et Chester., (1971).** Introduction to marine chemistry. Department of oceanography, The University of Liverpool, England. Edition: ACADEMIC PRESS London and New York, 465 p.

**Rodier et al.,(2009).** L'analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition, Paris : Dunod ,1579 p.

**Rodier J., et al .,(2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer. *8<sup>ème</sup> Ed. Paris : Dunod,* 1383 p.

**Rodier J., Coll .,(2005).** L'analyse de l'eau.8<sup>e</sup> éd. Belgique : Dunod. 564,944 p.

### S

**Skalar analytical, (1998).** Manuel San Plus Analyser : SA 1050 (Random Access Autosampler). Breda (Netherlands), 23 p.

**Strickland J.D.H., Parsons T.R., (1972).** A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res.Board Can., 167, 311 p.

### T

**Taoudiat S., (2009).** Hydrologie et sels nutritifs dans les eaux de la baie d'Alger. *Mémoire d'ingénieur, Alger : ISMAL,*54 p.

**Taupier-Letage I., (1988).** Biodynamique du bassin Algérien. Estimation de la réponse biologique à certaines structures hydrodynamiques de moyenne échelle par télédétection (AVHRR. et CZCS.) et mesures *in situ*. *Thèse de doctorat, Marseille : Université d'Aix-Marseille II,* 120 p.

**Tréguer et al., (1995).** The silica balance in the world ocean: a re-estimate. *Science* 268 :375-379 p.

### V

**Vera A., (2005).** Stratégies de développement du copépode *calanoïde mixodiaptomus laciniatus* dans un lac de montagne : approche par les bio-marqueurs lipidiques et pigmentaires. Thèse de Doctorat, université Blaise Pascal, 341p.

### W

**Wood E. P. K., et al., (1967).** Determination of nitrate in seawater by cadmium-cooper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Assc. U.K.,* 47: 23-31 p.

### Z

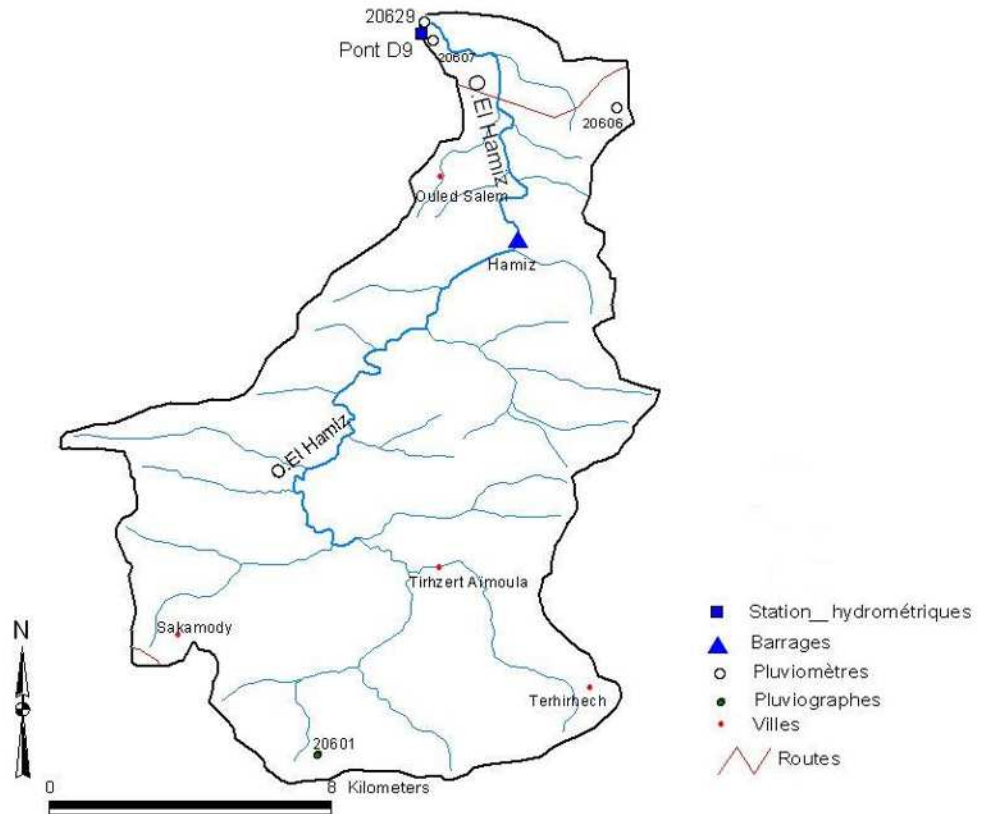
**Zeghdoudi S., (2006).** Bioéconomie des pêcheries méditerranéennes. Application aux petits pélagiques de la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). *Barcelone.*55 p.

*Annexes*



Station : *PONT D9*  
Code : 02-06-29

Oued : *Hamiz*

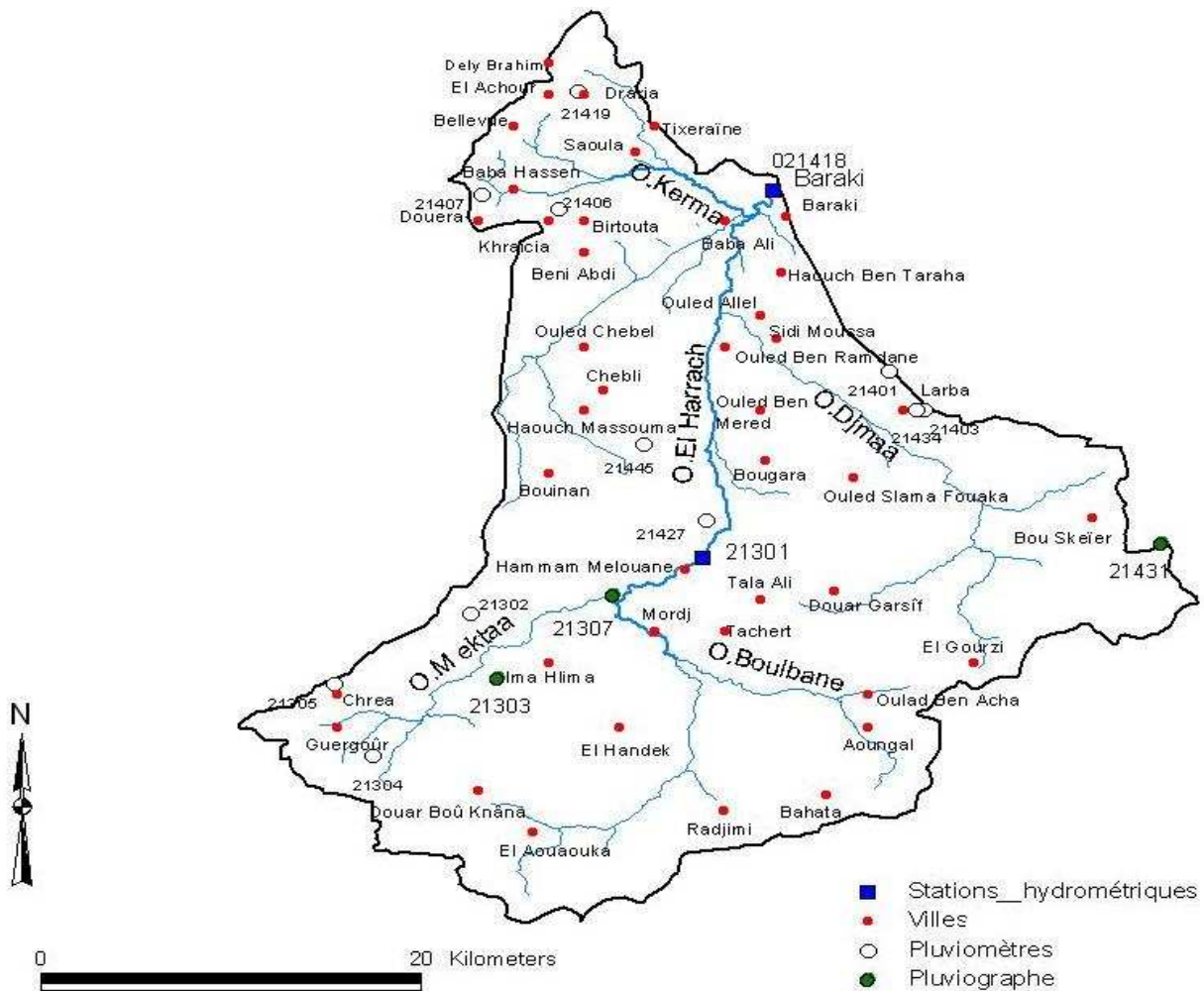


## DONNEES MORPHOMETRIQUES

X	: 556,30	Longueur du rectangle équivalent	(km) : 20,00
Y	: 373,05	Longueur du thalweg principal	(km) : 35,00
Altitude minima (m)	: 70,00	Densité de drainage	(km/km <sup>2</sup> ) : 3,70
Altitude maxima (m)	: 1139,00	Indice de compacité	: 1,24
Altitude moyenne (m)	: 480,00	Indice de pente de Roche	: 0,21
Surface (km <sup>2</sup> )	: 160,00	Coefficient de torrentialité	: 35,15
Périmètre (km)	: 56,00		

Station : *BARAKI*  
Code : 02-14-18

Oued : *El Harrach*



DONNEES MORPHOMETRIQUES

X	: 535,00	Longueur du rectangle équivalent	(km) : 53,30
Y	: 376,30	Longueur du thalweg principal	(km) : 59,00
Altitude minima (m)	: 20	Densité de drainage	(km/km <sup>2</sup> ) : 30,00
Altitude maxima (m)	: 1629	Indice de compacité	: 1,26
Altitude moyenne (m)	:	Indice de pente de Roche	:
Surface (km <sup>2</sup> )	: 970	Coefficient de torrentialité	: 21,96
Périmètre (km)	: 143		



Annexes 2 : Matériels et Méthodes

1. Cartes des points chauds de pollution dans la côte algéroise



## 2. Appareillages utilisés



Figure 1: Navire de la recherche scientifique **Grine.B**



Figure 2: Etat de la mer



Figure 3: Bouteille de prélèvement **NISKIN**  
(ecosyismal)



Figure 4: Multi-paramètre de type HANNA



Figure 5: Dispositif de filtration de marque **Millipore®**



Figure 6: Rompe de filtration de marque **Millipore®**



Figure 7: Etuve de type **WTB BINDER**



Figure 8: Four à moufle de marque **Wisetherm®**



Figure 9 : Balance de précision de type **Denver Instrument M-220D**



Figure 10 : Dessiccateur



Figure 11: Auto Analyser San Plus (SKALAR®, 1998).



Figure 12: Quelques produits utilisés pour la préparation des réactifs



Figure 13 : Le tri des échantillons à analyser

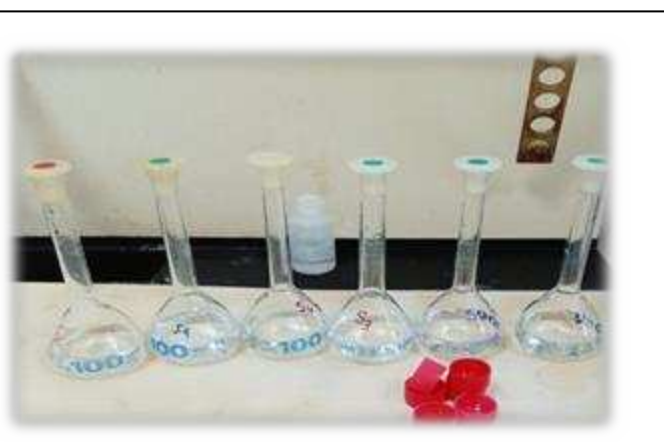


Figure 14 : Gamme des solutions intermédiaires



Figure 15 : Spectrophotomètre de marque Jasco V-730.

**Tableau :** Gamme d'étalonnage et hauteurs de pic correspondantes pour l'Ammonium, Nitrates, Nitrites, Phosphates et Silicate.

Type	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	Hauteur du pic de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μmol/l)	Hauteur du pic de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (μmol/l)	Hauteur du pic de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiO <sub>2</sub> (μ mol/l)	Hauteur du pic de SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
ED	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0	0.0000	0
STD1	0.2228	10	0.7688	126	0.1561	115	0.0694	0
STD2	0.3788	17	1.1787	194	0.5879	433	0.6944	5
STD3	0.9582	43	1.2540	206	0.6761	498	1.5972	12
STD4	1.0473	47	2.3392	384	0.8255	608	1.5278	11
STD5	1.2033	54	2.1286	350	0.9884	728	2.7083	20
STD6	1.2478	56	4.8017	789	1.1350	836	8.6111	62

### Procédure de remplissage de la colonne réductrice

- ✓ 3g de granules de cadmium sont lavés à l'éther éthylène puis rincer abondamment à l'eau distillée ;
- ✓ Rinçage à l'acide chlorhydrique (4N) environ 50 ml ;
- ✓ Lavage à l'eau distillée ;
- ✓ Rinçage une seconde fois à l'acide chlorhydrique environ 50 ml puis lavage à l'eau distillée ;
- ✓ Ajoutez 50 ml de la solution de sulfate de cuivre (2%) et remuez pendant 5 minutes jusqu'à la disparition de la couleur bleue et l'apparition de particules colloïdales rougeâtres ;
- ✓ Rincer les grains de cadmium plusieurs fois à l'eau distillée ;
- ✓ Rinçage une seconde fois au sulfate de cuivre et nettoyage à l'eau distillée ;
- ✓ Introduire le cadmium traité au cuivre dans une solution de chlorure d'ammonium pour éviter les bulles d'air ;
- ✓ Prendre une colonne en verre rempli de NH<sub>4</sub>CL et à l'aide d'un entonnoir introduire le cadmium traité au cuivre dans la colonne tout en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne dans deux cotés ;
- ✓ Remplir jusqu'à 5mm du sommet ;
- ✓ Placer un petit morceau de tube en polyéthylène dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent ;
- ✓ Une fois prête, la placer dans le système d'analyse.

### Activation de la colonne de cadmium

#### A) Solution d'acide hydrochlorique (4N)

Acide hydrochlorique (HCl à 32%).....400 ml.  
 Eau distillée.....600 ml.  
 Dissoudre l'acide hydrochlorique dans 600 ml d'eau distillée.

#### B) Solution de sulfate de cuivre (2%)

Sulfate de cuivre (CuSO<sub>4</sub>, 5H<sub>2</sub>O)..... 20 g.  
 Eau distillée.....1000 ml.  
 Dissoudre le sulfate de cuivre dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### C) Cadmium

Granules de Cadmium (0,3 -1,0 mm de diamètre) .....2,5 g.

### 3. Préparation des réactifs pour l'analyse des sels nutritifs

#### 3.1. Nitrate/Nitrite

##### REAGENTS

##### A. Buffer solution (1 liter)

**Required chemicals:** Imidazol..... 17.5 g.  
 $C_3N_4N_2$   
 Hydrochloric acid ..... x ml.  
 $HCl$  (1M)  
 Distilled water  
 $H_2O$

Brij 35 (30%)..... 1 ml.

**Preparation:** Dissolve the imidazol in  $\pm$  800 ml distilled water. Adjust the pH to  $8.2 \pm 0.1$  with the hydrochloric acid solution. Add the Brij 35 and mix. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 week. Store at  $4^\circ C$  when the solution is not used.

##### B. Colour reagent (1 liter)

**Required chemicals:** o-Phosphoric acid ....  
 150 ml.  
 $H_3PO_4$  (85%)  
 Sulfanilamide ..... 10 g.  
 $C_6H_8N_2O_2S$   
 N-(1-Naphthyl)ethylene  
 diamine  
 dihydrochloride ..... 0.5 g.  
 $C_{12}H_{16}Cl_2N_2$   
 Distilled water  $H_2O$

**Preparation:** Dilute the o-phosphoric acid in  $\pm$  700 ml distilled water. Add the sulfanilamide and the N-(1-naphthyl)ethylene diamine dihydrochloride and dissolve. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 2 weeks. Store in a dark coloured bottle.

##### C. Rinsing liquid sampler

Required chemicals: Distilled water  
 $H_2O$

**Note:** For sea water samples, adjust the salinity of the rinsing water sampler to the same level as the salinity of the sea water samples when matrix peaks reach the same level as the detection limit. Use ultra pure sodium chloride or "zero" seawater for adjustment.

Solution is stable for 1 week.

##### STANDARDS

##### Stock solution 100 mg N/liter (1 liter)

**Required chemicals:** Sodium nitrate .....  
 606.8 mg.  
 $NaNO_3$   
 Distilled water  
 $H_2O$

**Preparation:** Dissolve the sodium nitrate in  $\pm$  800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 4 weeks. Store at  $4^\circ C$  when the solution is not used.

### 3.2. Ammonium

#### REAGENTS

##### A. Buffer solution (1 liter)

**Required chemicals:** Potassium sodium tartrate..... 33 g.  
 $C_4H_4O_6KNa \cdot 4H_2O$   
 tri-Sodium citrate ..... 24 g.  
 $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$   
 Distilled water  
 H<sub>2</sub>O  
 Brij 35 (30%)..... 3 ml.

##### B. Sodium salicylate solution (1 liter)

**Required chemicals:** Sodium hydroxide ..... 25 g.  
 NaOH  
 Sodium salicylate ..... 80 g.  
 $C_7H_5NaO_3$   
 Distilled water  
 H<sub>2</sub>O

##### C. Sodium nitroprusside solution (1 liter)

**Required chemicals:** Sodium nitroprusside .... 1.0 g.  
 $Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$   
 Distilled water  
 H<sub>2</sub>O

##### D. Dichloroisocyanuric acid sodium salt

**(1 liter) Required chemicals:** Dichloroisocyanuric acid sodium salt..... 2.0 g.  
 $C_3N_3O_3Cl_2Na \cdot 2H_2O$   
 Distilled water  
 H<sub>2</sub>O

##### E. Distilled water

**Required chemicals:** Distilled water  
 H<sub>2</sub>O

##### F. Rinsing liquid sampler

**Required chemicals:** Distilled water  
 H<sub>2</sub>O.

**Preparation:** Dissolve the potassium sodium tartrate in ± 800 ml distilled water. Add the tri-sodium citrate and dissolve. Fill up to 1 liter with distilled water, add the Brij 35 and mix.

**Note:** Check the pH and adjust if necessary with hydrochloric acid to  $5.2 \pm 0.1$ . Solution is stable for 1 week. Store at 4°C when the solution is not used.

**Preparation:** Dissolve the sodium hydroxide in ± 50 ml distilled water. Add ± 800 ml distilled water. Add the sodium salicylate. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Store in a dark coloured bottle. Solution is stable for 1 week. Store at 4°C when the solution is not used.

**Preparation:** Dissolve the sodium nitroprusside in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Store in a dark coloured bottle. Solution is stable for 1 week. Store at 4°C when the solution is not used.

**Preparation:** Dissolve the dichloroisocyanuric acid sodium salt in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 week. Store at 4°C when the solution is not used.

**Note:** Refresh weekly.

**Note:** For sea water samples, adjust the salinity of the rinsing water sampler to the same level as the salinity of the sea water samples when matrix peaks reach the same level as the detection limit. Use ultra pure sodium chloride or “zero” seawater for adjustment.

Refresh weekly.

#### STANDARDS

##### Stock solution 100 mg N/liter (1 liter)

**Required chemicals:** Ammonium chloride ..... 381.9 mg.  
 $NH_4Cl$   
 Distilled water H<sub>2</sub>O

**Preparation:** Dissolve the ammonium chloride in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 month. Store at 4°C when the solution is not used.

### 3.3. Orthophosphates

#### REAGENTS

##### A. Ammonium heptamolybdate solution (1 liter)

**Required chemicals:** Potassium antimony(III)

oxide tartrate ..... 230 mg.

$K_2(SbO)_2C_8H_4O_{10} \cdot 3H_2O$

Sulfuric acid # ..... 69.4 ml.

$H_2SO_4$  (95-97%)

Ammonium

heptamolybdate ..... 6 g.

$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$

Distilled water

$H_2O$

FFD6 ..... 2 ml.

**Preparation:** Dissolve the potassium antimony(III) oxide tartrate in  $\pm 800$  ml distilled water. Add carefully, while constant swirling and cooling the sulfuric acid. Add the ammonium heptamolybdate and dissolve. Fill up to 1 liter with distilled water, add the FFD6 and mix.

**Note:** Do not use metal spoons for ammonium heptamolybdate. The sensitivity can be increased by 50% by using 35 ml concentrated sulfuric acid instead of 69.4 ml. With the 35 ml the interference of the silicate is 10% for 300 ppb Si and 10% for 10 ppm Si in a range of 100  $\mu g$  P/liter. The end pH must be  $< 1$ . Solution is stable for 5 days. Store at 4°C when the solution is not used.

##### B. L(+)-Ascorbic acid solution (1 liter)

**Required chemicals:** L(+)-Ascorbic acid ..... 11 g.

$C_6H_8O_6$

Acetone ..... 60 ml.

$C_3H_6O$

Distilled water

$H_2O$

FFD6 ..... 2 ml

**Preparation:** Dissolve the ascorbic acid in  $\pm 800$  ml distilled water. Add the acetone. Fill up to 1 liter with distilled water, add the FFD6 and mix.

**Note:** Solution is stable for 5 days. Store at 4°C when the solution is not used.

##### C. Rinsing liquid sampler

**Required chemicals:** Distilled water

$H_2O$

**Note:** For sea water samples, adjust the salinity of the rinsing water sampler to the same level as the salinity of the sea water samples when matrix peaks reach the same level as the detection limit. Use ultra pure sodium chloride or “zero” seawater for adjustment. Refresh weekly.

#### STANDARDS

##### Stock solution 100 mg P/liter (1 liter)

**Required chemicals:** Potassium dihydrogen

phosphate ..... 439.4 mg.

$KH_2PO_4$

Distilled water

$H_2O$

**Preparation:** Dissolve the potassium dihydrogen phosphate in  $\pm 800$  ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 4 weeks. Store at 4°C when the solution is not used.

### 3.4. Silicium

#### REAGENTS

**Remark:** All reagents and standards must be prepared in polyethylene and stored in polyethylene bottles.

##### A. Sulfuric acid solution (1 liter)

Required chemicals: Sulfuric acid ..... 5 ml.  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (95-97%)  
Distilled water  
H<sub>2</sub>O  
Lauryl sulfate ..... 1 g.

**Preparation:** Dilute the sulfuric acid in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water, add the lauryl sulfate and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 week. Store at 4°C when the solution is not used.

##### B. Ammonium heptamolybdate solution (1 liter)

Required chemicals: Ammonium heptamolybdate ..... 10 g.  
(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O  
Distilled water  
H<sub>2</sub>O

**Preparation:** Dissolve the ammonium heptamolybdate in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 day. Do not use metal spoons for the ammonium heptamolybdate.

##### C. Oxalic acid solution (1 liter)

Required chemicals: Oxalic acid ..... 44 g.  
C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O  
Distilled water  
H<sub>2</sub>O

**Preparation:** Dissolve the oxalic acid in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 month. Store at 4°C when the solution is not used.

##### D. L(+)-Ascorbic acid solution (1 liter)

Required chemicals: L(+)-Ascorbic acid ..... 40 g.  
C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>  
Distilled water  
H<sub>2</sub>O

**Preparation:** Dissolve the L(+)-ascorbic acid in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 week. Store at 4°C when the solution is not used.

##### E. Rinsing liquid sampler

Required chemicals: Distilled water  
H<sub>2</sub>O

**Note:** For sea water samples, adjust the salinity of the rinsing water sampler to the same level as the salinity of the sea water samples when matrix peaks reach the same level as the detection limit. Use ultra pure sodium chloride or “zero” seawater for adjustment. Refresh weekly.

#### STANDARDS

##### Stock solution 100 mg Si/liter (1 liter)

Required chemicals: Sodium metasilicate ..... 1.0119 g.  
Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O  
Distilled water  
H<sub>2</sub>O

**Preparation:** Dissolve the sodium metasilicate in ± 800 ml distilled water. Fill up to 1 liter with distilled water and mix.

**Note:** Solution is stable for 1 month.

## Annexes 3: Résultats et Discussion

## I. Paramètres physico-chimiques en profondeur

## I.1. Baie de Bou-Ismaïl

## I.1.1. Température (c°)

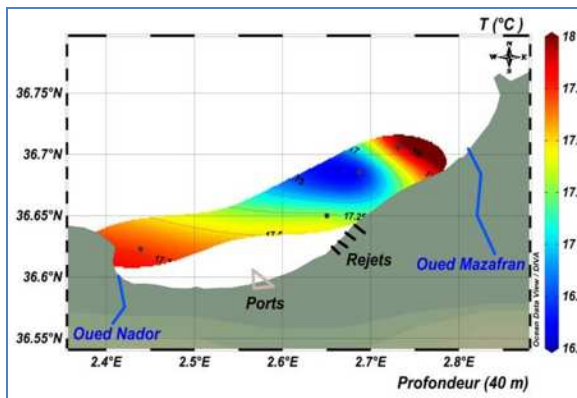


Figure 1 : Carte de distribution horizontale de T (°C) dans les eaux profondes.

## I.1.2. Salinité (PSU)

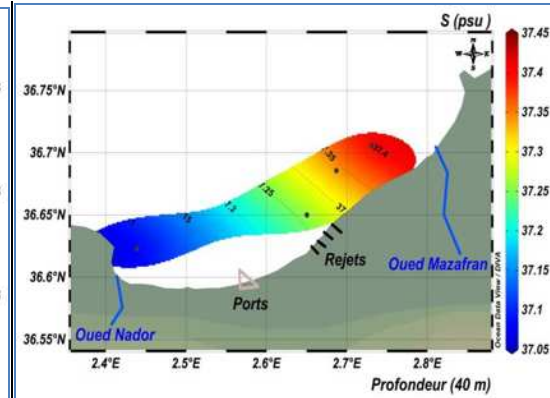


Figure 2 : Carte de distribution horizontale de S (PSU) dans les eaux profondes.

## I.1.3. Oxygène dissous (mg/l)

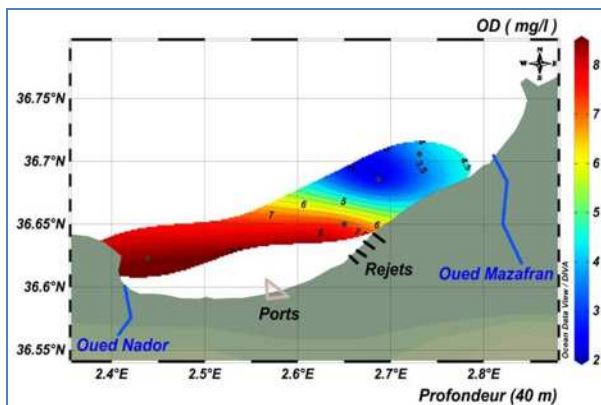


Figure 3 : Carte de distribution horizontale de l'oxygène dans les eaux profondes.

## I.1.4. Potentiel d'hydrogène (pH)

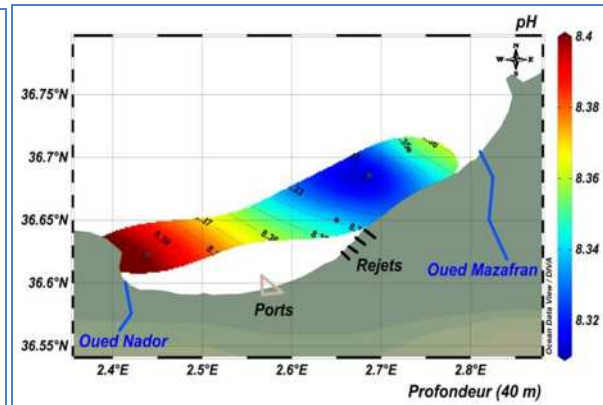


Figure 4 : Carte de distribution horizontale de pH dans les eaux profondes.

## I.1.5. Conductivité (ms/cm²)

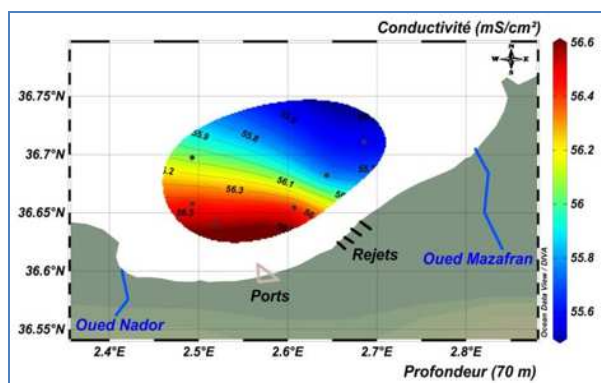


Figure 5 : Carte de distribution horizontale de C (ms/cm²) dans les eaux profondes.

## I.1.6. Degré de Saturation (%)

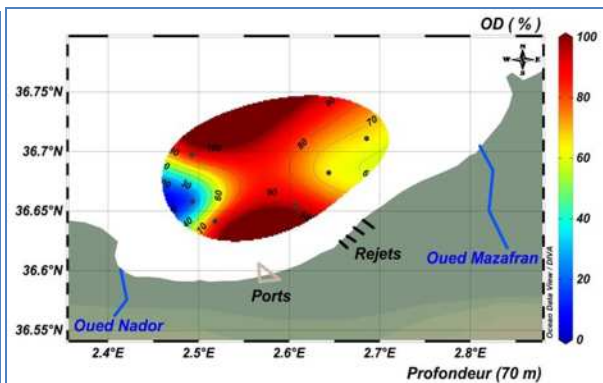


Figure 6: Carte de distribution horizontale de degré de saturation dans les eaux profondes.

## I.2. Baie d'Alger

### I.2.1. Température (c°)

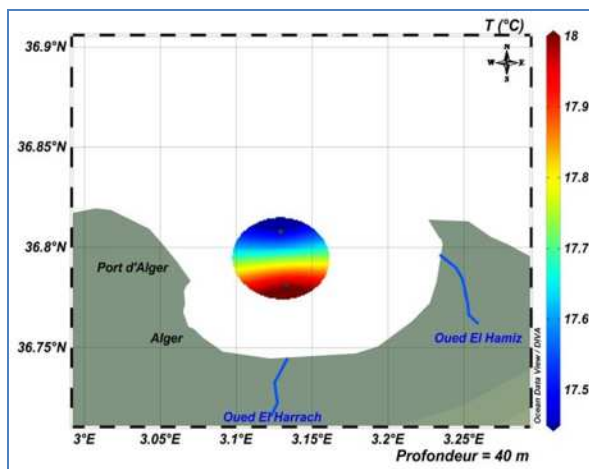


Figure 7 : Carte de distribution horizontale de T (°C) dans les eaux profondes.

### I.2.2. Salinité (PSU)

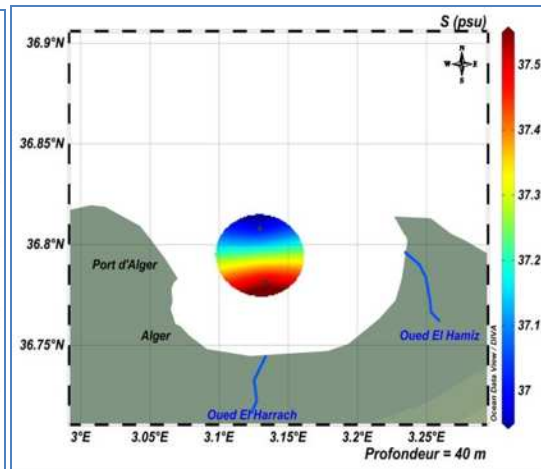


Figure 8 : Carte de distribution horizontale de S (PSU) dans les eaux profondes.

### I.2.3. Oxygène dissous (mg/l)

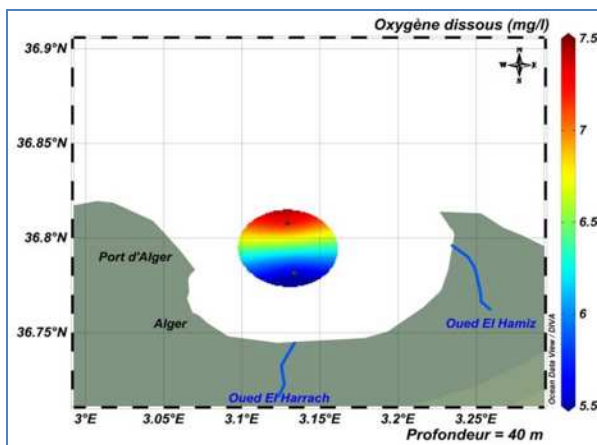


Figure 9 : Carte de distribution horizontale de l'oxygène dans les eaux profondes.

### I.2.4. Potentiel d'hydrogène (pH)

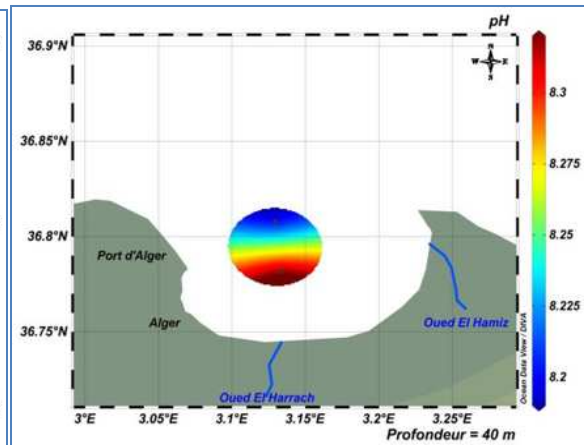


Figure 10 : Carte de distribution horizontale de pH dans les eaux profondes.

### I.2.5. Conductivité (ms/cm²)

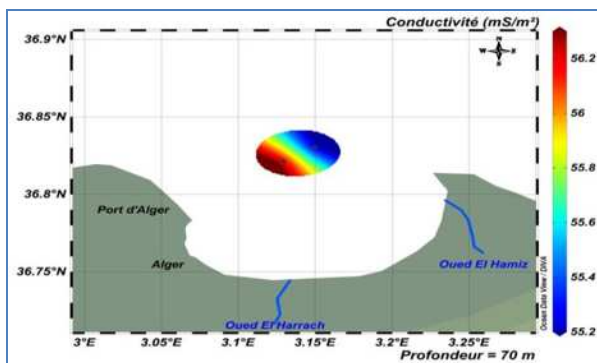


Figure 11 : Carte de distribution horizontale de C (ms/cm²) dans les eaux profondes.

### I.2.6. Degré de Saturation (%)

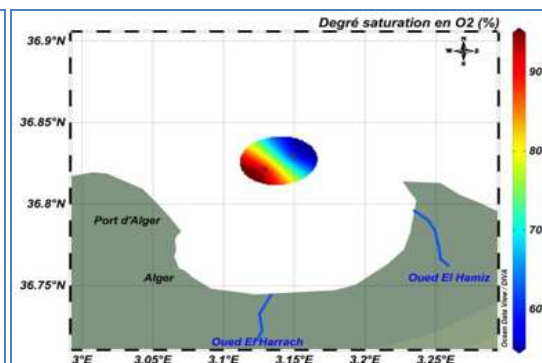


Figure 12: Carte de distribution horizontale de degré de saturation dans les eaux profondes.

## II. Les sels nutritifs en profondeur dans la baie de Bou-Ismaïl

### II.1. Ammonium $\text{NH}_4^+$

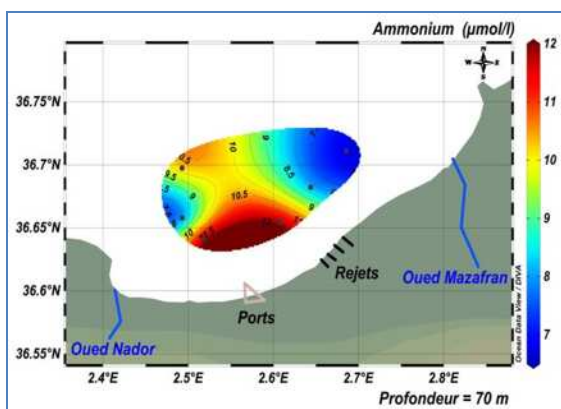


Figure 19 : Carte de distribution horizontale de  $\text{NH}_4^+$  ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux profondes.

### II.2. Nitrates $\text{NO}_3^-$

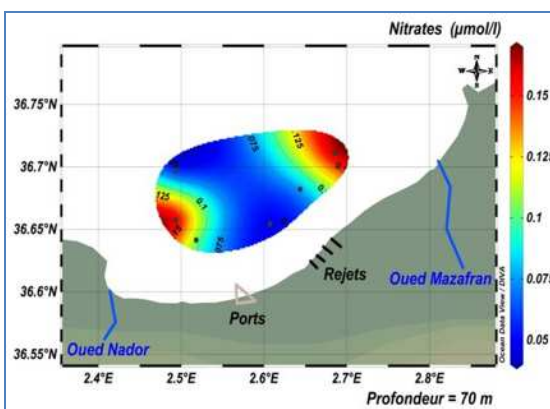


Figure 20 : Carte de distribution horizontale des  $\text{NO}_3^-$  ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux profondes.

### II.3. Nitrites $\text{NO}_2^-$

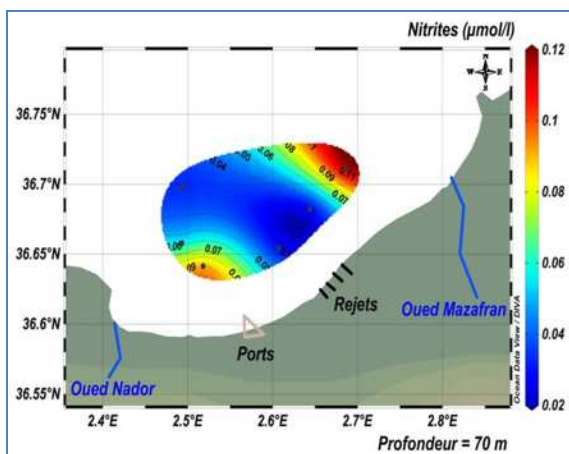


Figure 21 : Carte de distribution horizontale des  $\text{NO}_2^-$  ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux profondes.

### II. 4. Phosphates $\text{PO}_4^{3-}$

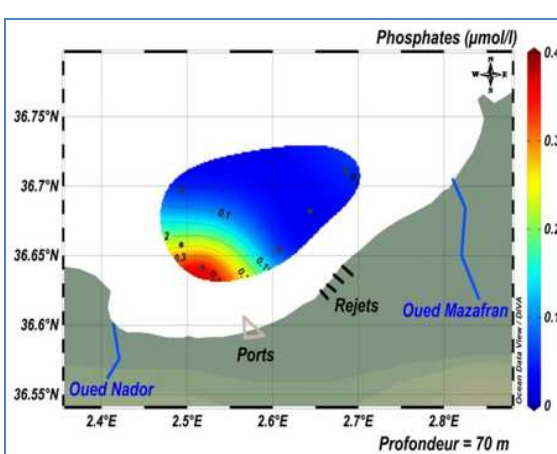


Figure 22 : Carte de distribution horizontale des  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux profondes.

### II. 5. Silicates $\text{SiO}_2^-$

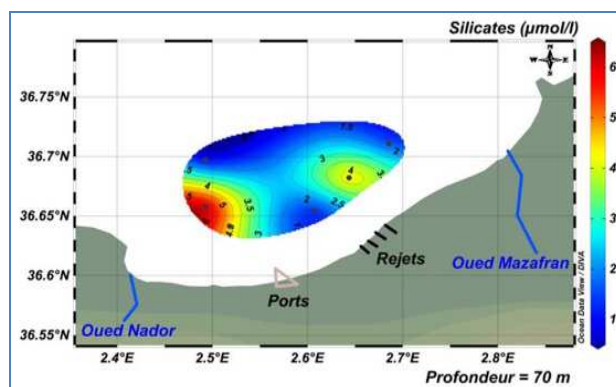


Figure 23 : Carte de distribution horizontale des  $\text{SiO}_2^-$  ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans les eaux profondes.

## *Suivi des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans la côte Algéroise*

### **Abstract**

Our research concerned Algiers coastal water that focused on physicochemical parameters (temperature, salinity, pH, suspended matter, and chlorophyll) ,and nutrients (nitrate, nitrite, phosphorus, silicate ) in two levels of depth in order to evaluate the pollution degree in the bays of Bou Ismail, Algiers and Zemmouri . the aim of this study is to appreciate the quality of water and to observe the evolution of state pollution .thus allowed us to note down many hazardous aggravations for the most of measured parameters .

Also .we have figured out many anthropic sources of pollution and their direct and indirect effects on the environment and the ecosystems ,the principal ones are industry, farming ,and used water which are directly discharged into the bay or transported by the rivers (mazafran ,I harrach and isser) are the most concerned in this case of study.

**Key words** : pollution, nutrients, physicochemical parameters, environment, anthropic source ,bay.

### **Résumé**

Notre recherche concerne les eaux de la côte Algéroise (baie d'Alger, baie de Bou-Ismaïl et baie de Zemmouri) sujettes aux déversements des Oueds, ou elle s'intéresse à l'étude des paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, MES et chlorophylles) et les sels nutritifs (nitrates, nitrites, ortho phosphates et silicates) à deux niveaux de profondeur, L'étude menée à travers ce mémoire a pour but de faire un suivi sur l'évolution de la pollution et ses sources anthropiques et leurs impacts soit directs ou indirects sur l'environnement naturel , ces sources sont principalement l'industrie, l'agriculture et les eaux usées rejetées directement dans les baies ou véhiculées par les oueds (Mazafran El Harrach et Issers sont les plus concernés dans ce cas d'étude).

Ce Modest travail permet aussi d'apprécier globalement la qualité des eaux du milieu marin côtier et le degré de la pollution

**Mots clés** : pollution, sels nutritifs, chlorophylle, côte algéroise, paramètres physico-chimique. Suivi

### **ملخص**

الحموضة، والكلوروفيل) والأملاح المغذية (النترات، تتعلق دراستنا بالمعلومات الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة والملوحة، نسبة النترت والفوسفات أورثوسيليكات) في مياه الساحل الجزائري (خليج الجزائر العاصمة، بو اسماعيل و زموري) على مستويين من عمق البحر.

الهدف من هذا البحث هو متابعة تطور التلوث و معرفة الاسباب و المصادر خاصة البشرية منها و مدى تأثيرها بطريقة مباشرة او غير مباشرة على الوسط البيئي وموارده البحرية ، من بين المصادر المؤثرة نذكر على سبيل المثال لا الحصر: الصناعة، الزراعة و مياه الصرف الصحي، التي تصب مباشرة في الخلجان او عن طريق الوديان باعتبارهم حلقة وصل بين الواسطين المائي و الترايبي، اهمهم : واد الحراش، مزافران، و واد يسر.

كما يسمح هذا العمل المتواضع بإجراء تقييم شامل لنوعية المياه البحرية الساحلية.

**الكلمات المفتاحية** : التلوث ، أملاح المغذيات ، الكلوروفيل ، ساحل الجزائر ، المعلومات الفيزيائية .