

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة 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 EN SCIENCES DE LA MER**

OPTION : ENVIRONNEMENT

Sujet :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA BAIE D'EL DJAMILA :
ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET
CHIMIQUE DE L'EAU**

Présenté par :

- Mr. GUERROUAHEN Lyacine
- Mr. HAYA Salim

Soutenu le mercredi 24 juin 2009 à 13h devant la commission de jury suivante:

M. BOULAHID M., Président
Mme LOUANCHI F., Examinatrice
M. GRIMES S., Examineur
M. REFES W., Promoteur

-Promotion 2009-

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers à mes yeux, pour ma mère, mes grandes mères et à mon père, que le Bon Dieu les protège.

Je le dédie à toute ma famille en particulier mes frères Youcef, Athmane, Madani, Louhab et mes chères sœurs.

Mes dédicaces vont aussi à mes, mes oncles et tantes, cousins et cousines.

Je tiens vivement à dédier ce travail à tous mes amis à savoir Samir, Younes, Radia, Djazia, Kamel, Bachir, Fares, Ridha, Lyes, Hmimi, Wahid, Assia, Rima, la promotion 5^{ème} année envir, ...et sans oublier mon binôme salim.

Comme je vais le dédier aussi au personnel de l'ENSSMAL en particulier Kamel, Mustafa, Ghanou, Hamid et sa mère, Sidi Ali, Hacene, Aami Kamel et aami Moh...

A mes amis (es) et à toutes les personnes qui m'ont connu...

L. GUERROUAHEN.

*Je dédie ce travail à mes plus chères parents pour ma mère, mes grandes mères
et à mon père, que le Bon Dieu les protège.*

Je le dédie à toute ma famille en particulier mes chères sœurs.

Mes dédicaces vont aussi à mes oncles et tantes, cousins et cousines.

*Je tiens vivement à dédier ce travail à tous mes amis à savoir Samir, Younes,
Hakim, Yahia, mes copains de chambre ...et sans oublier mon binôme
Lyacine.*

Je tiens à dédier ce travail à K qui m'a aidée et soutenues.

Comme je vais le dédier aussi au personnel et enseignants de l'ENSSMAL.

A mes amis (es) et à toutes les personnes qui m'ont connu...

S. HAYA.

Remerciements

D'abord nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué, chacune à sa manière, pour le bon déroulement de notre formation, ainsi qu'à la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier Monsieur REFES, W., pour avoir accepté, de diriger et de suivre constamment le progrès de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives, dont la patience et la sympathie m'ont fait aimer le domaine de l'environnement.

Nous tenons à exprimer nos vives gratitudees à tous nos enseignants, depuis la première année, jusqu'à la cinquième année universitaire.

Nous tenons aussi à remercier ;

Monsieur BOULAHDI M. (ENSSMAL) pour avoir accepté de présider ce jury et pour sa disponibilité et surtout sa grande amabilité.

Mademoiselle LOUANCHI F. (ENSSMAL), pour avoir pris le temps d'examiner ce travail.

Monsieur GRIMES S. (ENSSMAL), qui a bien voulu examiner et corriger ce travail.

Tous nos sincères remerciements s'adressent aussi au personnel de l'ENSSMAL.

Finalement, nous tenons vivement à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION :	1
2. MATERIELS ET METHODES :	2
2.1 présentation de la zone d'étude :	2
2.1.1 La situation géographique :	2
2.1.2 Le Climat :	3
2.1.2.1 Les températures et les précipitations:	3
2.1.2.2 L'étude des vents :	4
2.1.3 Hydrologie :	4
2.2 L'échantillonnage :	5
2.2.1 choix et localisation des stations :	5
2.2.2 Les prélèvements :	7
2.2.2.1 Matériels :	7
2.2.2.2 Paramètres in situ :	7
2.2.2.2.1 La température :	7
2.2.2.2.2 La Salinité :	7
2.2.2.2.3 Le potentiel hydrogène (pH):	8
2.2.2.2.4 L'oxygène dissous :	8
2.3 L'analyse au laboratoire :	9
2.3.1 la matière en suspension :	9
Protocole de dosage :	9
2.3.2 matière organique particulaire (mop) et matière inorganique particulaire (mip) : .	10
Protocole de dosage :	10
2.3.3 la chlorophylle a et les pheopigments a :	10
Protocole de dosage :	10
2.3.4 Sels nutritifs :	11
2.3.4.1 Nitrites (NO_2^-) :	12
2.3.4.2 Nitrates (NO_3^-) :	12
2.3.4.3 Ammonium (NH_4^+):	14
2.3.4.4 Phosphate (PO_4^{3-}) :	14
2.3.4.5 Silicate (Si(OH)_4) :	15
2.4 Courbes d'étalonnage :	15

2.5	Analyse des données :.....	18
3.	RESULTATS ET INTERPRETATION	19
3.1	La temperature :	19
3.2	La salinité.....	21
3.3	L'oxygène dissous :	23
3.4	Le potentiel d'hydrogène :.....	25
3.5	La matière en suspension :	27
3.6	La chlorophylle a et les phéopigments :	32
3.7	Les sels nutritifs :	35
3.7.1	Ammonium (NH_4^+):.....	35
3.7.2	Les nitrites (NO_2^-) :.....	36
3.7.3	Les nitrates (NO_3^-) :	37
3.7.4	Les orthophosphates (PO_4^{-3}) :	38
3.7.5	Les silicates ($\text{Si}(\text{OH})_4^-$) :	39
3.8	Analyse en composantes principales :	41
3.8.1.	Données 2006 :	41
3.8.1	Donnée 2007 :	42
3.8.2	Données 2008 :	43
3.8.3	Données 2009 :	44
3.8.4	Comparaison des données 2006-2009	45

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures :

Figure 1. Situation géographique de la baie d'El Djamila	2
Figure 2. Courbe des températures moyennes mensuelles (Source : ONM 2003)	3
Figure 3. Courbe des précipitations moyennes mensuelles (Source : ONM 2003)	3
Figure 4. Localisation des points de prélèvement au niveau de la baie d'El Djamila	6
Figure 5. Courbe d'étalonnage d'ammonium	16
Figure 6. Courbe d'étalonnage des nitrites et nitrates	16
Figure 7. Courbe d'étalonnage des phosphates.....	17
Figure 8. Courbe d'étalonnage des silicates	17
Figure 9. Répartition des températures (°C) des eaux superficielles de la baie d'El Djamila	19
Figure 10. Répartition des températures (°C) des eaux de fond de la baie d'El Djamila ...	20
Figure 11. Répartition de la salinité (PSU) des eaux superficielle de la baie d'El Djamila en février 2009	21
Figure 12. Répartition de la salinité (PSU) des eaux de fond de la baie d'El Djamila	22
Figure 13. Répartition des teneurs en oxygène dissous des eaux superficielles de la baie d'El Djamila.....	23
Figure 14. Répartition des teneurs en oxygène dissous des eaux de fond de la baie d'El Djamila.....	24
Figure 15. Répartition des pH des eaux superficielles de la baie d'El Djamila	26
Figure 16. Répartition des pH des eaux de fond de la baie d'El Djamila.....	26
Figure 17. Répartition des teneurs en matières en suspension (mg/l) des eaux superficielles de la baie d'El Djamila	28
Figure 18. Répartition des teneurs en matières en suspension (mg/l) des eaux de fond de la baie d'El Djamil	28
Figure 19. Répartition des rapports MIP/MOP des eaux superficielles de la baie d'El Djamila.....	30
Figure 20. Répartition des rapports MIP/MOP des eaux fond de la baie d'El Djamila	31

Figure 21. Répartition des teneurs en chlorophylle a et en phéopigment des eaux superficielles de la baie d'El Djamila	33
Figure 22. Répartition des teneurs en chlorophylle a et en phéopigment des eaux de fond de la baie d'El Djamila	33
Figure 23. Répartition des teneurs en sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) des eaux superficielles de la baie d'El Djamila	40
Figure 24. Répartition des teneurs en sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) des eaux superficielles de la baie d'El Djamila	40
Figure 25. Projection des variables par l'ACP sur le plan factoriel (1, 2).....	41
Figure 26. Projection des variables par l'ACP sur le plan factoriel (1, 2).....	43
Figure 27. Projection des variables par l'ACP sur la plan factoriel (1,2).....	44
Figure 28. Projection des variables par l'ACP sur le plan factoriel (1, 2).....	45

Liste des tableaux :

Tableau 1. Numérotation et description des stations de prélèvement avec emplacement géographique.	5
Tableau 2. Les températures relevées dans la baie d'El Djamila en février 2009.	19
Tableau 3. Les salinités relevées dans la baie d'El Djamila en février 2009.	21
Tableau 4. L'oxygène dissous relevé dans la baie d'El Djamila en février 2009.	23
Tableau 5. Potentiel d'hydrogène relevé dans la baie d'El Djamila en février 2009.....	25
Tableau 6. Les teneurs en matière en suspension (mg/l) mesurées dans la baie d'El Djamila en février 2009.	27
Tableau 7. Les valeurs minimales et maximales et les moyennes des rapports MIP/MOP enregistrées dans la baie d'El Djamila. (Fév. 2009).....	30
Tableau 8. Les valeurs de la chlorophylle a (mg/l) mesurées dans la baie d'El Djamila en février 2009.	32
Tableau 9. Les valeurs des phéopigments mesurées dans la baie d'El Djamila en février 2009.....	32
Tableau 10. Les teneurs en azote ammoniacal relevés dans la baie d'El Djamila.....	35
Tableau 11. Les teneurs en nitrites enregistrées ($\mu\text{mol/l}$) mesurées dans la baie d'El Djamila en février 2009.	36

Tableau 12. Les teneurs en nitrates ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans la baie d'El Djamila en février 2009.....	37
Tableau 13. Les teneurs en phosphates ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans la baie d'El Djamila en février 2009.....	38
Tableau 14. Les teneurs en silicates ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans la baie d'El Djamila en février 2009.....	39

INTRODUCTION :

La pollution de l'environnement marin, en particulier celle qui prend source de la terre constitue un enjeu environnemental mondial important pour le 21^{ème} siècle.

Une partie du problème auquel nous faisons face en matière de pollution côtière est que ses sources sont très variées, lointaines souvent non localisées sur le littoral et difficile à contrôler (**KOSHY et al, 2006**).

Influencées par les eaux marines du large, et par les eaux douces continentales, les zones côtières ont des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques intermédiaires. Selon l'importance des bassins versants, de la densité de la population, et de l'intensité des activités industrielles et agricoles, les eaux douces qui aboutissent en mer ont des qualités chimiques et biologiques différentes (**CUGIER, 1999**).

Les caractéristiques variables de la plupart des écosystèmes aquatiques dans le monde reçoivent des effluents réguliers de nutriments. Des taux élevés de nutriments sont déchargés dans l'eau par l'intermédiaire des eaux d'égout (**BEEBY, 1995; RAO, 1998 in FAREED et al, 2005**).

Ces surcharges des nutriments ont comme conséquence l'accroissement considérable de la flore aquatique. L'eutrophisation est un genre de procédé d'enrichissement en sels nutritifs, qui a comme conséquence un accroissement excessif de phytoplancton (**FAREED et al, 2005**).

En conséquence, l'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'impact de l'Oued de Béni Messous sur la baie d'El Djamila.

Ces résultats devraient nous permettent d'établir des rapports entre la qualité physico-chimique de l'eau et c'est dans ce contexte que nous nous proposons d'évaluer les paramètres physico chimique des eaux de la baie. Pour ce faire nous avons adopté la démarche suivante :

- Etude de la zone pour déterminer les facteurs qui pourraient influencer le milieu.
- Présentation du site d'étude, techniques et méthodes de mesure hydrologiques effectuées ainsi que du matériel utilisé sont relatés dans la partie méthodologie, nous avons jugé indispensable de rappeler l'importance des paramètres physico-chimiques ainsi que l'origine, l'évolution et la distribution des sels nutritifs.
- Expliquer les caractéristiques de cet écosystème et notamment son évolution au cours des 4 dernières années.
- Enfin, les résultats recueillis sont interprétés. A l'aide d'outils statistiques.
- La conclusion générale clôture ce mémoire.

1 MATÉRIELS ET MÉTHODES :

1.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE :

1.1.1 LA SITUATION GÉOGRAPHIQUE :

La baie d'El Djamila représente le quart oriental de la baie de Bou Ismail, et se situe à une trentaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger. Elle est limitée à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et à l'Est par Ras Acrata. Elle s'allonge sur une côte de 6 km dont le rivage est orienté Sud Ouest-Nord Est et ses coordonnées géographiques sont :

$2^{\circ}50' 54.744''$ Est et $36^{\circ}45' 43.092''$ (la presqu'île de Sidi Fredj).

$2^{\circ}53' 42.792''$ Est et $36^{\circ}48' 5.792''$ (Ras Acrata).

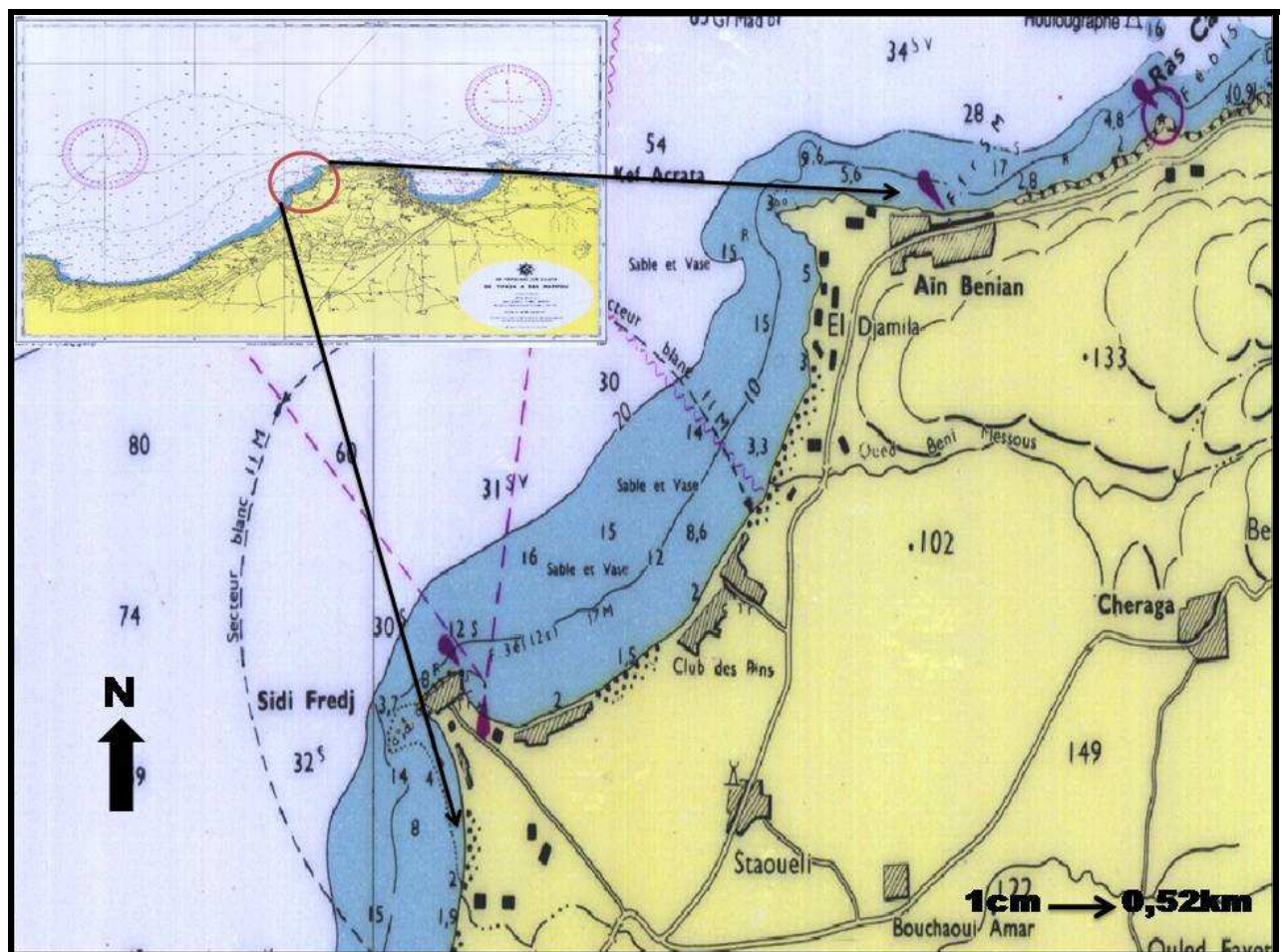


Figure 1. Situation géographique de la baie d'El Djamila

1.1.2 LE CLIMAT :

1.1.2.1 Les températures et les précipitations:

Les observations climatiques ont été réalisées par la station de Dar El Beida sur une dizaine d'années (de 1993 à 2003). Elles sont présentées dans les figures ci-après :

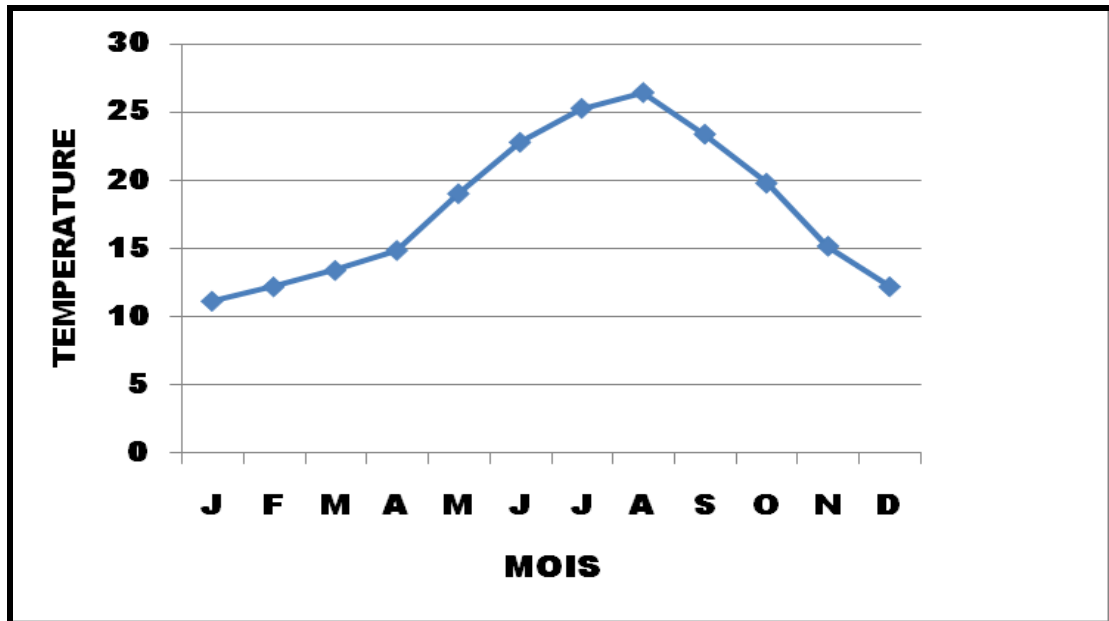


Figure 2. Courbe des températures moyennes mensuelles de l'air (1993-2003). (Source : ONM 2003)

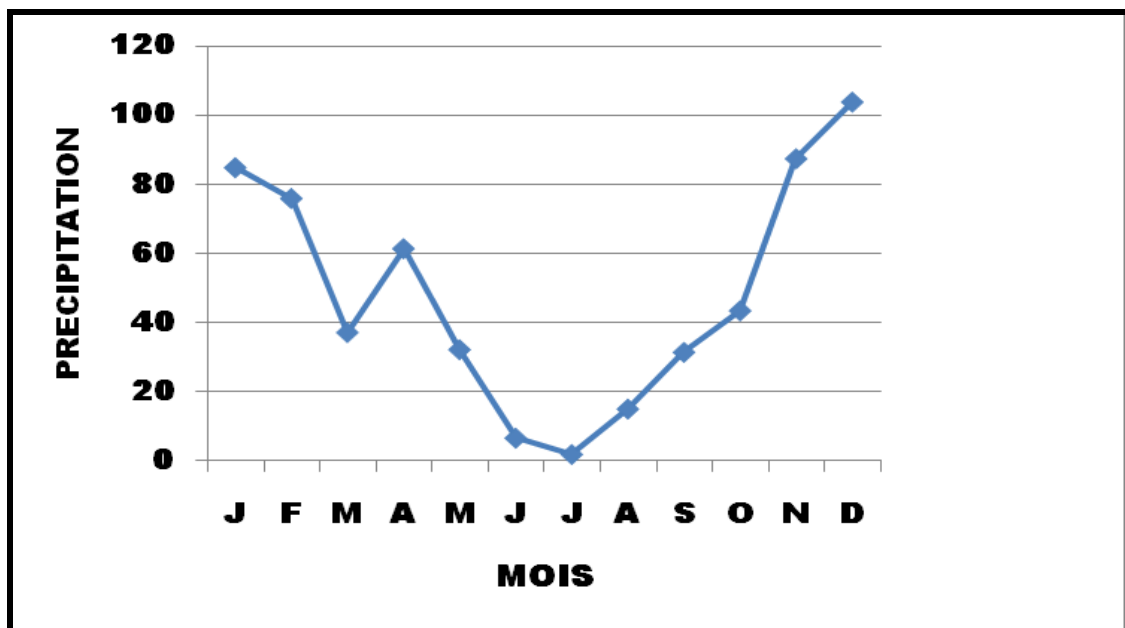


Figure 3. Courbe des précipitations moyennes mensuelles (1993-2003). (Source : ONM 2003)

- La température est soumise à l'influence de la mer qui adoucit le climat. La plus haute température est enregistrée en mois de Août : 26,39°C, et la plus basse au mois de Janvier : 11,15°C.
- La pluviométrie est plus importante du mois d'Octobre au mois de Mai. On remarque deux périodes bien contrastées :
Une période hivernale : les températures sont basses, les précipitations sont relativement importantes.
Une période estivale : les précipitations se font très rares lorsque les températures augmentent jusqu'à 26,39°C.

1.1.2.2 L'étude des vents :

Les vents sont générateurs de vagues et de 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 présente deux périodes distinctes :

Une période hivernale : (Octobre- Mars) Avec des vents dominants de secteur Ouest et Nord Ouest ; avec des fréquences allant de 60 à 80% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour le secteur Nord Ouest.

Une période estivale : (Avril - Septembre) Avec des vents dominants de secteur Est et Nord Est, avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord Est.

1.1.3 HYDROLOGIE :

La baie d'El Djamila est caractérisée par la présence de l'oued Béni Messous situé à 15 Km à l'Est d'Alger entre El Djamila et Club des pins et alimente la baie d'El Djamila. Il prend source dans le grand Chéraga. Il traverse les communes de Chéraga au Nord, Bouzaréah au niveau d'une agglomération appelée « la tribu » au Nord Est, Dely Brahim à l'Est et Aïn Bénian à l'Ouest et débouche sur une plage appelée « les Dunes » à environ 2Km à l'Ouest du port d'El Djamila sur une distance de 11.5 Km. Il regroupe l'Oued Delfa et l'Oued Baïnem.

Son bassin versant est réduit, il est souvent sec, sauf lors des fortes pluies où il peut raviner une quantité négligeable de sédiments.

Selon les données fournies par la direction de l'hydraulique et de l'économie de l'eau de la wilaya d'Alger (2001), les eaux usées parvenant de l'oued Béni-Messous sont caractérisées par :

- Débit moyen des eaux usées urbaines 8336 m³/j
- Débit des eaux industrielles 940 m³/j
- Débit moyen total des eaux 9276 m³/j
- Débit de pointe des eaux usées 773 m³/j
- DBO5 (charge journalière) 5439 Kg/j
- DCO (charge journalière) 8640 Kg/j

1.2 L'ECHANTILLONNAGE :

1.2.1 CHOIX ET LOCALISATION DES STATIONS :

Les prélèvements ont été réalisés dans la baie d'el Djamila en mois février 2009 (**tableau1**).

Tableau 1. Numérotation et description des stations de prélèvement avec emplacement géographique.

Date de prélèvement	N° de station	Latitude (Nord)	Longitude(Est)	Surface	Profondeur(m)
04 /02/09	1	36°45'775	002°50'903	+	2,1
04/02/09	2	36°45'779	002°50'856	+	2
04 /02/09	3	36°45'802	002°50'857	+	2,3
04/02/09	4	36°45'832	002°50'793	+	1,8
04 /02/09	5	36°45'860	002°50'861	+	1,8
04/02/09	6	36°45'876	002°50'895	+	3,8
04 /02/09	7	36°45'742	002°51'000	+	4,3
04/02/09	8	36°45'898	002°51'079	+	7,8
04 /02/09	9	36°45'157	002°50'923	+	11,4
04/02/09	10	36°46'426	002°51'363	+	14,7
04 /02/09	11	36°46'314	002°51'555	+	12,3
04/02/09	12	36°45'959	002°52'109	+	4
18/02/09	13	36°46'327	002°52'751	+	2,7
18/02/09	14	36°46'494	002°52'721	+	7,1
18/02/09	15	36°46'835	002°52'545	+	14,4
18/02/09	16	36°47'024	002°52'715	+	15,3
18/02/09	17	36°47'101	002°53'169	+	9,5
18/02/09	18	36°46'970	002°53'457	+	4,2
18/02/09	19	36°47'530	002°53'694	+	6,8
18/02/09	20	36°47'593	002°53'640	+	9
18/02/09	21	36°47'982	002°53'855	+	5,1

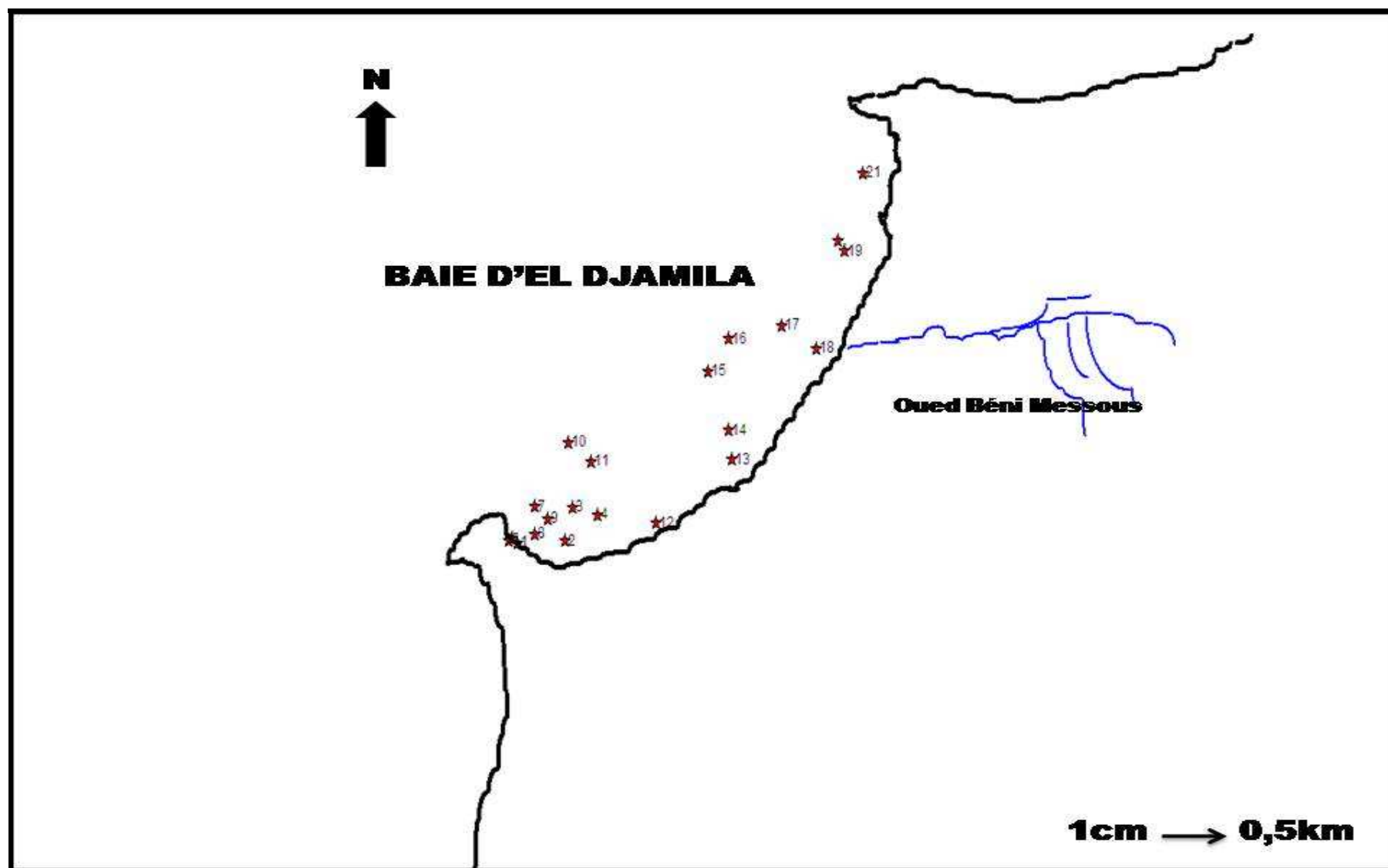


Figure 4. Localisation des points de prélèvement au niveau de la baie d'El Djamila

1.2.2 LES PRELEVEMENTS :

1.2.2.1 Matériel :

Les prélèvements d'eau ont été réalisés à l'aide d'une bouteille de prélèvement à clapets de type « Van Dorn » d'une capacité de 2,8 litres (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Pour chaque station, deux prélèvements ont été effectués : l'un en surface et l'autre en profondeur. Chaque bouteille a été numérotée puis rincée à l'eau à prélever avant remplissage.

Les paramètres température, oxygène dissous, salinité et pH ont été mesurés in situ à l'aide d'appareillage de terrain. Les échantillons ont été conservés et transportés au niveau du laboratoire de l'ESSMAL à Sidi Fredj pour les analyses ultérieures des autres paramètres.

1.2.2.2 Paramètres in situ :

1.2.2.2.1 La température :

Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction d'autres paramètres physico-chimiques tels que la pression. Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (AMINOT et KEROUEL, 2004).

Les mesures de la température s'est faite in situ, à l'aide de l'oxymètre, conductimètre et pH-mètre). La valeur de la température est la moyenne des trois valeurs enregistrées sur ces appareils.

1.2.2.2.2 La Salinité :

La salinité a été mesurée avec un conductimètre de terrain (Cond 197) d'une précision de $\pm 0,5\%$ mesure.

Avant la série de mesures nous avons étalonné l'appareil avec une solution standard de 19,376psu de chlorinite (salinité : 35,003psu, d'après l'équation : $S \text{ psu} = 1,80655 \text{ Cl psu}$). Le conductimètre a affiché une salinité égale à 35psu.

La sonde de conductimètre est plongée dans l'échantillon et la valeur indiquée sur l'afficheur est notée, sans oublier de soustraire ou rajouter la valeur issue du calibrage avec les eaux standards.

Après chaque mesure, la sonde est rincée avec de l'eau distillée pour éviter toute contamination des échantillons.

1.2.2.2.3 Le potentiel hydrogène (pH):

Le pH du milieu a été mesuré par un pH-mètre de terrain de type (pH/mv mètre 197) et d'une précision de $\pm 0,01$. Avant de mesurer ce paramètre nous avons étalonné l'appareil par une solution tampon de $\text{pH}=4,01 \pm 0,01 (25^\circ\text{C})$.

Après calibrage, on procède à la mesure du pH pour chaque échantillon d'eau de mer prélevée. L'électrode en verre est rincée à l'eau, essuyée et plongée dans la bouteille de prélèvement.

1.2.2.2.4 L'oxygène dissous :

Pour la mesure de l'oxygène dissous, nous avons utilisé un oxymètre de terrain de type (Oxi 197). Il est muni d'une sonde électrolytique que l'on plonge dans l'échantillon et qui nous permet de mesurer, in situ, la teneur en oxygène dissous en mg/l, ainsi que la température en °C avec une précision de $\pm 0,5\%$ en lecture (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983). elle est calculer on utilisant la formule de Winckler :

$$[\text{O}_2^*] = a_1 + a_2 * (100/\text{Tk}) + a_3 * \ln(\text{Tk}/100) + a_4 * (\text{Tk}/100) + ss * (b_1 + b_2 * (\text{Tk}/100) + b_3 * (\text{Tk}/100) * (\text{Tk}/100))$$

$$[\text{O}_2] (\mu\text{mol/l}) = \text{rho} * \exp [\text{O}_2].$$

Avec:

$$a_1 = -173.9894; \quad a_2 = 255.5907; \quad a_3 = 146.4813; \quad a_4 = -22.2040; \quad b_1 = -0.037362; \\ b_2 = 0.016504; \quad b_3 = -0.0020564; \quad \text{rho} = 1.029$$

Le pourcentage de saturation est calculé à partir de la table de solubilité de l'oxygène selon la formule suivante :

$$\text{Taux } (\% \text{O}_2) = (\text{concentration mesurée/solubilité}) * 100.$$

1.3 L'ANALYSE AU LABORATOIRE :

1.3.1 LA MATIERE EN SUSPENSION :

Protocole de dosage :

✚ Principe :

Après décongélation des échantillons ; ces derniers doivent être homogénéisés afin de les filtrer sur membrane Watman GF /F de 0,45µm de porosité. Cette membrane est pesée avant et après filtration. La différence de poids de la membrane nous permet de connaître le poids de matière en suspension dans un volume d'eau filtrée donné. La balance utilisée est de précision de 10^{-4} g, fabriquée par KERN&SOHN GmbH modèle ABS-120-4.

✚ Protocole :

- Les filtres ont été séchés avant utilisation à 80°C pendant 24h puis pesés. Ce qui va nous permettre d'avoir le poids sec des filtres en gramme avant filtration (P1). Ces derniers sont placés dans des boîtes numérotées selon les stations.
- La filtration s'est effectuée sous vide avec un dispositif de « tulipe ». Avant chaque filtration l'échantillon doit être bien agité afin de bien l'homogénéiser.
- Après filtration, les boîtes sont mises à l'étuve sans leurs couvercles à une température de 45°C pendant 12h afin de sécher les filtres.
- les filtres sont pesés (après passage au dessiccateur) , ce qui va nous permettre d'obtenir le poids des filtres après filtration(P2).

Calcul du poids de la matière en suspension : La concentration de la matière en suspension s'obtient par la formule suivante :

$$\text{MES (mg /l)} = (\text{P2-P1})/\text{V}$$

Avec :

-P1 : poids du filtre avant filtration.

-P2 : poids du filtre après filtration.

-V : volume filtré.

1.3.2 MATIERE ORGANIQUE PARTICULAIRE (MOP) ET MATIERE INORGANIQUE PARTICULAIRE (MIP) :

Protocole de dosage :

✚ Principe :

Après pesage, les filtres des MES sont placés dans des creusets. Ces derniers sont placés dans le four à moufle fabriqué par GmbH and Co.KG modèle MIHM.VOGT type KM.N. à 450°C pendant 2h.

Deux mesures sont alors obtenues : la première est le poids du creuset vide et la seconde est celle du creuset avec filtre après calcination.

✚ Protocole :

- Placer chaque filtre dans un creuset. Ce dernier est placé dans le four à 450°C pendant 2h.
- Retirer les creusets puis les laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser les creusets avec les filtres à l'intérieure. on obtient P3 en (mg).
- Retirer les filtres des creusets, puis les peser vide. la nouveau poids obtenu sera P4 en (mg).
- Le poids du filtre P5 après calcination est obtenu à partir de l'expression : $P3 - P4 = P5$ en (mg).
- La matière organique particulière (MOP) se déduira par l'expression : $P2 - P5$ en (mg).
- L'expression : MES-MOP, nous donnera alors la MIP.

1.3.3 LA CHLOROPHYLLE A ET LES PHEOPIGMENTS A :

Protocole de dosage :

- La quantité de chlorophylle *a* est mesurée par la méthode spectrophotométrique monochromatique de **LORENZEN., 1972**, selon (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).
- La filtration est réalisée sur un filtre de Whatman GF/F de 0,45 μ , et la dépression est créée par une pompe de marque KMF NEUBE REGER Type N022.AN.18.
- L'extraction se fait par addition de 10 ml d'acétone à 90% (90/10 acétone /eau), après passage des filtres dans un bac à ultra-son (VWR LUSL 300 TH) et cela pendant 5 minutes à 30°C, on mesure l'absorbance dans une cuve de 1 cm de trajet optique à l'aide d'un spectrophotomètre de marque CECIL type CE1021 séries 10000, à des longueurs d'onde de 665 nm et 750 nm, cela dans un premier temps sans acidification, puis en deuxième temps avec acidification (Acide chlorhydrique à 0,3 mol/l) pour obtenir la mesure des phéopigments *a*.
- Deux autres mesures d'absorbances 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 de l'eau distillée et la

seconde mesure est celle du blanc de filtre (acétone à 90% avec filtre avant et après acidification).

Remarque : De l'étape de filtration jusqu'au passage au spectrophotomètre les tubes à essai ont toujours été gardés à l'obscurité.

L'expression des résultats :

$$\text{Chlorophylle a } (\mu\text{g/l}) = 27,7 \cdot (\text{A665 na} - \text{A665 a}) \cdot v/V \cdot I$$

$$\text{Phéopigments a } (\mu\text{g/l}) = 27,7 \cdot (1,7 \text{ A665 a} - \text{A665 na}) \cdot v/V \cdot I$$

Avec:

V: volume d'eau filtrée en (litre).

v : volume d'acétone en (millilitre).

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

A665 na = Ab665 na – Ab750 na

A665 a = Ab665 a – Ab750 a

Avec:

Ab665na: absorbance à 665 nm avant acidification.

Ab665a : absorbance à 665 nm après acidification.

Ab750na : absorbance à 750 nm avant acidification.

Ab750a : absorbance à 750 nm après acidification.

1.3.4 SELS NUTRITIFS :

Les éléments nutritifs sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin (**AMINOT et KEROUEL, 2004**). Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont les intermédiaires relativement fugaces entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates. Dans les eaux estuariennes où l'on trouve de faibles teneurs en oxygène la réduction des ions nitrates peut entraîner des concentrations en nitrite supérieures à 5 $\mu\text{mol/l}$. La richesse en matière organique de ces zones est généralement à l'origine de ces phénomènes (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**). Les nitrates participent aux phénomènes d'eutrophisation (*voir* Phosphore) ; en période de faible oxygénation (période estivale) les nitrates peuvent jouer le rôle de donneurs d'oxygène et éviter l'anaérobiose. Les nitrates ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites (**RODIER et al., 2005**).

Ces composés sont assimilés par le phytoplancton durant la photosynthèse pour produire la matière organique dite « production primaire ». Les variations de ces sels sont gouvernées par les facteurs physiques, chimiques et biologiques (**JACQUES et TREGUER, 1986**).

Le phosphore présent dans l'eau de mer à l'état soluble ou particulaire existe sous plusieurs formes : Phosphore inorganique, composé essentiellement d'ortho phosphate et de poly phosphate (tri et pyro) et phosphore organique (**RODIER et al., 2005**).

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation (facteur limitant) dans le milieu côtier (GAUJOUS, 1995).

1.3.4.1 Nitrites (NO_2^-) :

✚ Protocole de dosage :

- Prélever 50 ± 1 ml d'eau de l'échantillon.
- Ajouter 1 ml de réactif 1 (*Annexe : réactifs « les nitrites : solution de sulfanilamide »*) et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 minutes.
- Ajouter 1 ml de réactif 2 (*Annexe : réactifs « les nitrites : solution de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine »*) et mélanger.
- Attendre au moins 10 minutes et au plus 1 heure.
- Mesurer au spectrophotomètre l'absorbance à 543 nm.
- Mesurer du blanc de cuve (eau distillée), du blanc des réactifs (réactif 1 et 2).

1.3.4.2 Nitrates (NO_3^-) :

✚ Principe :

Le principe de base adopté par les analystes marins repose sur la réduction quasi quantitative (>95%) du nitrate (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-). Après réduction, on mesure en réalité la somme des concentrations en nitrate et en nitrite (AMINOT et KEROUEL, 2004).

La réduction a été réalisée sur colonne droite de Cadmium dopée avant son utilisation et réactivée avant chaque analyse.

✚ Préparation de la colonne réductrice de cadmium :

Le grain de Cadmium utilisé est d'environ 0,5 à 2 mm de diamètre, la préparation est réalisée comme suit :

- Laver le cadmium avec l'acide chlorhydrique 2 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver directement avec de l'acide nitrique 0,3 mol/l puis passer à l'eau distillée.
- Laver une deuxième fois à l'aide de l'acide chlorhydrique 2 mol/l pour éliminer le nitrate résiduel puis rincer abondamment à l'eau distillée.
- Vider au maximum la colonne sans la laisser à l'air libre et ajouter sans attendre la solution du sulfate de cuivre et laisser en contact plusieurs minutes.
- Laver abondamment la colonne avec de l'eau déminéralisée.
- Laver avec de la solution tampon et laisser la colonne en milieu tampon pendant 24 à 48 heures.

L'activation du réducteur est réalisée par le passage sur la colonne, de 500 ml de solution tampon à laquelle nous avons rajouté 10 ml d'étalon de nitrate à 5000 μ mol/l ; puis rinçage de la colonne impérativement avec la solution tampon.

✚ L'entretien de la colonne :

Avant chaque série d'analyse qui dépasse une heure, réactiver la colonne avec 250 ml de tampon dopé à 100 μ mol/l de nitrate et rincer la colonne avec la solution tampon et la conserver dans son milieu.

✚ Principe de dosage :

- Activer la colonne si cela est nécessaire par passage d'une solution concentrée en nitrate.
- Prélever 100 \pm 5ml d'eau de l'échantillon.
- Ajouter 2ml de chlorure d'ammonium et mélanger.
- Passer 50ml de l'échantillon afin de rincer la colonne.
- Récupérer les 50ml restants et veiller à ce que la colonne ne se vide pas.

Ensuite, la mesure des nitrates réduits est effectuée en suivant le même protocole que celui de la mesure des nitrites, le blanc de cuve et le blanc de réactif sont les mêmes.

Calculs et expression des résultats :

L'absorbance nette pour les sels nutritifs est obtenue par la formule suivante :

$$A = A_{\text{brute}} - b_t - b_r$$

Avec :

A_{brute} : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité.

b_t : Absorbance mesurée pour le blanc du cuve.

b_r : Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs.

La concentration pour chaque sel nutritif (ammonium, nitrite, phosphates, silicates) se calcule selon :

$$[\text{Sel nutritif}] (\mu\text{mol/l}) = F \cdot A$$

Avec :

F : Facteur de conversion (μ mol/l par unité d'absorbance) où $F = 1/a$ (a : la pente de la courbe d'étalonnage).

A : Absorbance nette du sel nutritif.

Dans le cas des nitrates, on se rapporte à la courbe d'étalonnage des nitrites pour calculer la concentration de nitrite après passage de l'échantillon sur la colonne. Cette concentration (nitrite + nitrate) est la somme des concentrations en nitrate initial du milieu dilué et réduit avec un rendement $R=1$ et du nitrite initial du milieu dilué et récupéré avec un rendement $R=1$.

$$[\text{NO}_3^-]_{\text{milieu}} (\mu\text{mol/l}) = [\text{NO}_3^- \text{NO}_2^-] (\mu\text{mol/l}) - [\text{NO}_2^-]_{\text{milieu}} (\mu\text{mol/l})$$

Avec:

NO_3^- : Nitrate.

NO_2^- : Nitrite.

1.3.4.3 Ammonium (NH_4^+):

Principe de dosage :

- Prélever 100 ± 5 ml d'eau de l'échantillon.
- Ajouter 3 ml du réactif 1 (*Annexe : Réactifs « ammonium : solution de phénolnitroprussiate »*).
- Boucher et agiter pour bien homogénéiser.
- Ajouter sans attendre 3 ml du réactif 2 (*Annexe : réactifs « ammonium : solution complexante au chlore »*).
- Boucher et agiter à nouveau.
- Placer immédiatement à l'abri de lumière pendant 6 à 8 heures (ou mieux pendant une nuit) à température ambiante.
- Mesurer au spectrophotomètre l'absorbance à 630 nm par rapport au blanc de cuve (eau distillée), et au blanc de réactif (réactif 1 et 2).

1.3.4.4 Phosphate (PO_4^{3-}) :

Principe de dosage :

Les procédures de dosage s'appliquent aux échantillons et aux étalons

- Les températures des solutions à doser doit être entre 15 et 30°C.
- Rincer le récipient de dosage avec l'eau à analyser.
- Prélever 50 ± 1 ml dissolution et les transférer dans le récipient ou les mesurer directement dans le récipient marqué au volume.
- Ajouter 2 ml du réactif 1 (*Annexe : Réactifs « les phosphates : solution d'acide ascorbique »*) et mélanger.
- Ajouter 2 ml du réactif 2 (*Annexe : Réactifs « les phosphates : solution acide de molybdène et d'antimoine »*) et mélanger.

- Laisser réagir 5 minutes au moins et 30 minutes au plus.
- Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde 880 nm et mesure de l'absorbance du blanc de cuve des réactifs (1 et 2).

1.3.4.5 Silicate ($\text{Si}(\text{OH})_4$) :

Le silicium est un élément nutritif (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

La concentration des eaux océaniques de surface peut être très basse ($<1 \mu\text{mol/l}$).

Les concentrations s'élèvent progressivement lorsque l'on se rapproche des côtes et en particulier dans les estuaires (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

La forme majoritaire dans l'eau de mer étant l'acide ortho silicique, $\text{Si}(\text{OH})_4$, le silicate dissous est fréquemment exprimé par cette forme (AMINOT et KEROUAL, 2004).

Les apports initiaux sont telluriques, constitués d'argile entraîné pour les 9/10 par les rivières, pour 1/10 par le vent, mais atteignent dans ce second cas les eaux éloignées des rivages (FRONTIER et al, 2004).

Principe de dosage :

- La température des échantillons doit être comprise entre 19 et 25°C.
- Introduire dans une éprouvette en plastique 50±1 ml d'eau de l'échantillon.
- Ajouter 2 ml du réactif 1 (*Annexe : Réactifs « les silicates : solution acide de molybdate »*) et mélanger.
- Attendre 7 minutes au moins et 13 minutes au plus.
- Ajouter 2 ml du réactif 2 (*Annexe : Réactifs « les silicates : solution d'acide oxalique »*) et mélanger.
- Ajouter 1 ml du réactif 3 (*Annexe : Réactifs « les silicates : solution d'acide ascorbique »*) et mélanger.
- Attendre 30 minutes à 2 heures et mesurer au spectrophotomètre l'absorbance par rapport à l'eau distillée et aux réactifs (1,2 et 3) à 810 nm.

Note : Dans le cas du dosage des silicates ; les récipients doivent être en plastique pour éviter l'interférence du verre.

1.4 COURBES D'ÉTALONNAGE :

La courbe d'étalonnage est obtenue par la projection de différents points d'absorbance corrélés à des concentrations du paramètre recherché, ce qui nous donne une droite linéaire par la méthode des moindres carrés.

Le coefficient de corrélation est obtenu par un tableau (Excel© de Windows© Office 2007). Les faibles valeurs observées peuvent être expliquées par la différence remarquée au niveau de l'absorbance des cuves qui a influencé l'absorbance de la solution. Toutefois, ces valeurs peuvent être prises en considération puisqu'elles se rapprochent de 1 et s'éloignent de 0,5.

L'étalonnage est obtenu par la mesure de l'absorbance aux mêmes longueurs d'ondes que les échantillons des différentes concentrations (figures 5, 6, 7, 8).

A chaque sel correspond une gamme de concentrations ascendantes qui nous permettra de tracer la courbe d'étalonnage selon la formule :

$$S = a C + b$$

Sachant que : S : l'absorbance.

C : la concentration en sel nutritif.

a : la pente.

b : l'ordonnée à l'origine.

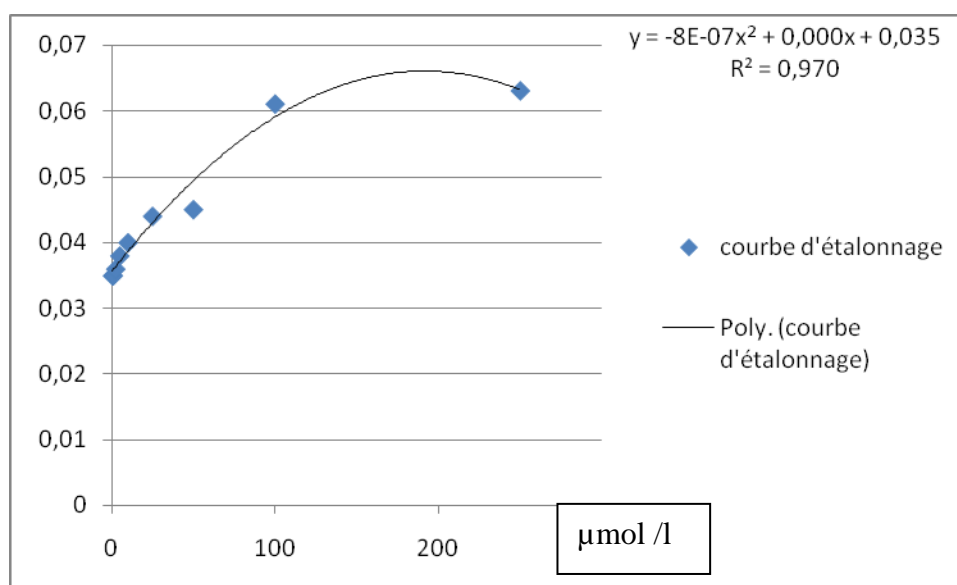


Figure 5. Courbe d'étalonnage d'ammonium.

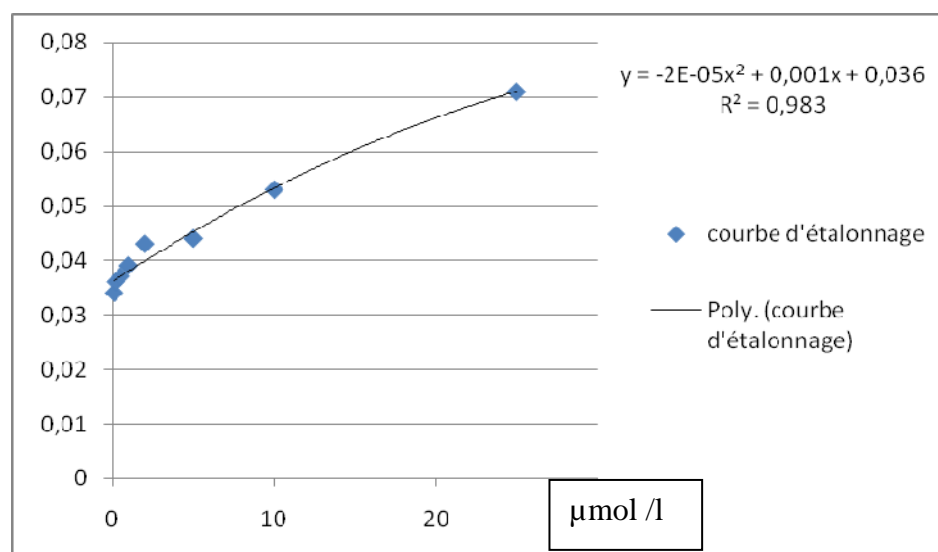


Figure 6. Courbe d'étalonnage des nitrites et nitrates.

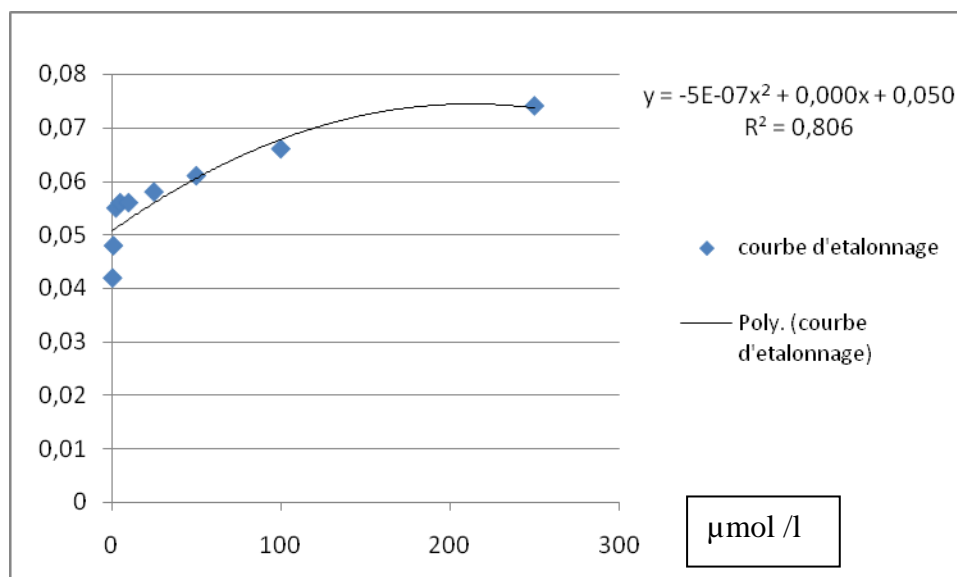


Figure 7. Courbe d'étalonnage des phosphates

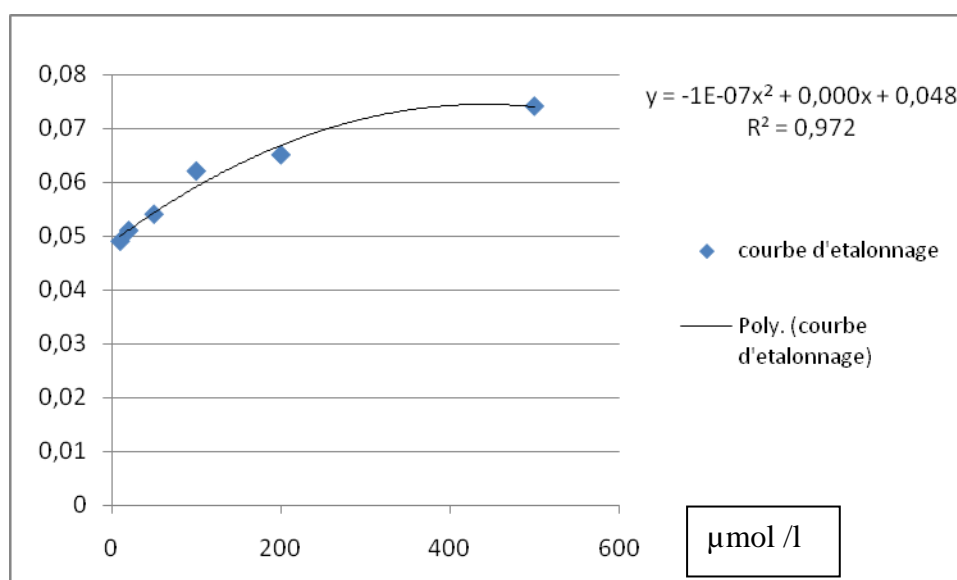


Figure 8. Courbe d'étalonnage des silicates

1.5 ANALYSE DES DONNEES :

L'Analyse en Composantes principales (ACP) fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles.

L'ACP sert à mieux connaître les données sur lesquelles on travaille, à détecter éventuellement des valeurs suspectes, et aidera à formuler des hypothèses qu'il faudra étudier à l'aide de modèles et d'études statistiques différentielles. On pourra aussi, *a posteriori*, se servir des représentations fournies par l'ACP pour illustrer certains résultats dans un but pédagogique (**DUBY et ROBIN, 2006**).

Son but principal est de condenser l'essentiel des informations données par ces variables interdépendantes (**DAGNELIE, 1996 in LOURGUIOUI, 2006**).

CHARDY *et al.*, (1976) in HÉRAL .M et al., (1983) ont précisé la signification écologique de ces analyses qui consiste à réduire le nombre de dimensions de l'espace dans lesquelles sont projetés les points observés.

2 RESULTATS ET INTERPRETATION

2.1 LA TEMPERATURE :

Les températures observées dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Les températures relevées dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	Température °C	Stations
Surface	Minimale	17,40	21
	Maximale	17,83	4
	Moyenne	17,61	
Fond	Minimale	17,40	21
	Maximale	17,87	4 et 13
	Moyenne	17,61	

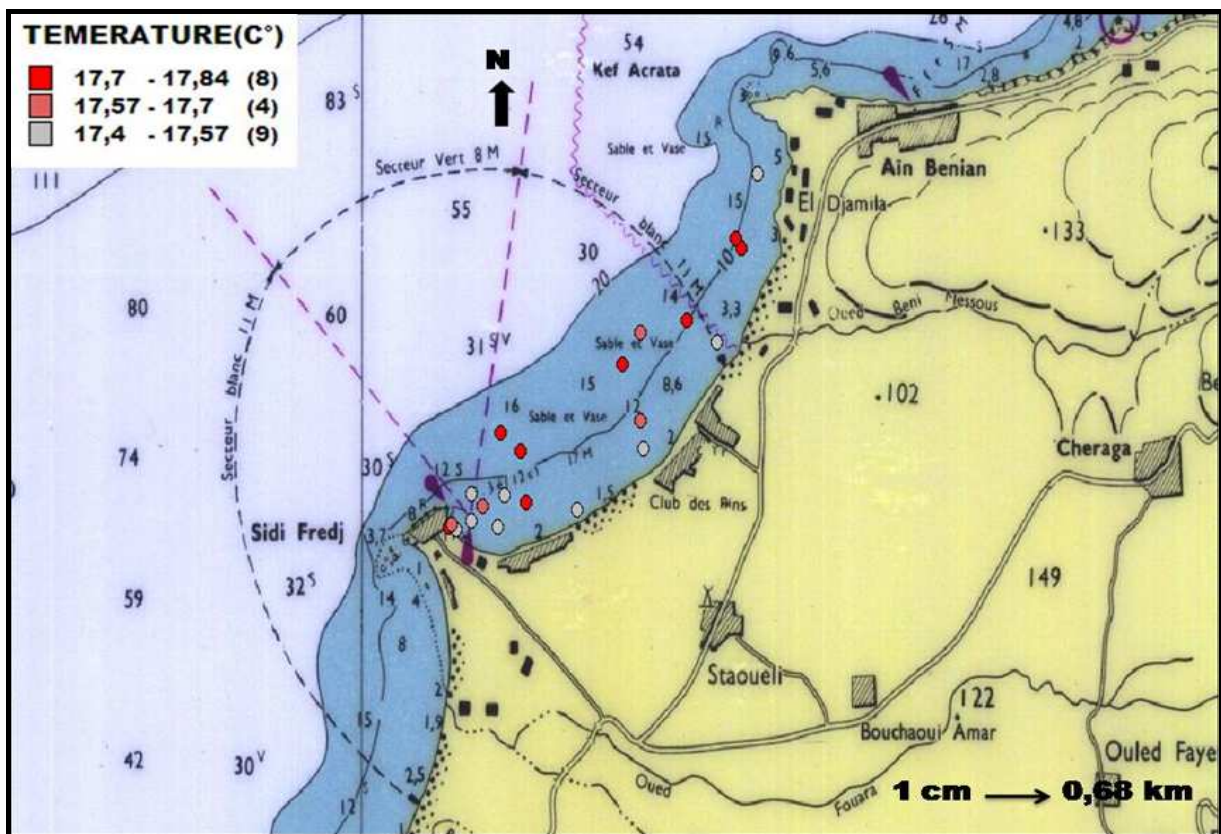


Figure 9. Répartition des températures (°C) des eaux superficielles de la baie d'El Djamila

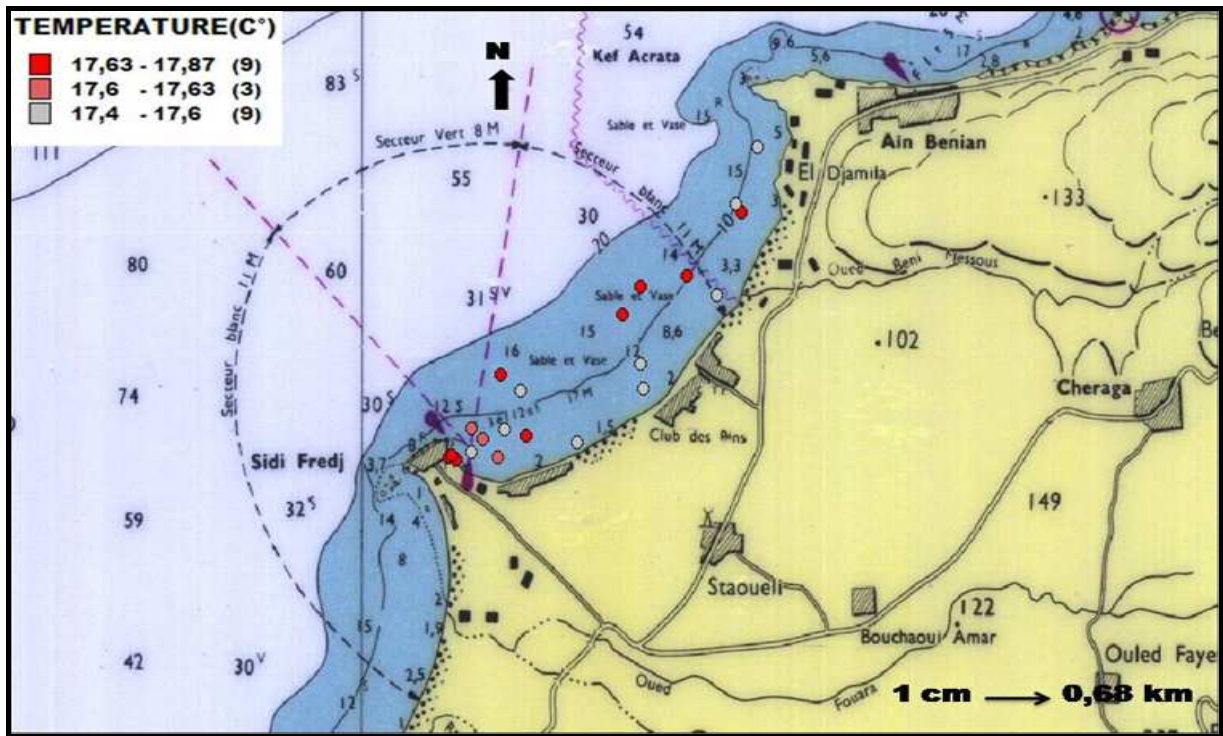


Figure 10. Répartition des températures (°C) des eaux de fond de la baie d'El Djamilia

Les variations de la température enregistrées au niveau de la baie d'El Djamilia (surface -fond) varient entre 17,4 et 17,87°C avec une moyenne globale de $17,61 \pm 0,12$ °C (tableau 2 et figures 9 et 10). En surface, les températures varient de 17,4°C (station 21) et 17,83°C (station 4) avec une moyenne de $17,61 \pm 0,12$ °C. En profondeur, elles varient entre 17,40 (station 21 et 13) et 17,87°C (station 4) avec une moyenne de $17,61 \pm 0,13$ °C.

En raison des vents dominants du nord – ouest hivernaux et de la faible colonne d'eau de la zone d'étude, on constate une homogénéisation des températures relevées. Les valeurs de la température sont relativement les mêmes à la côte et au large.

Les températures de l'eau sont influencées par la température de l'air, les précipitations et les courants (ELSDON et GILLANDERS, 2006 in TRAVIS et al, 2009).

BARNABE et BARNABE-QUET (1997) constate que les eaux littorales très peu profondes reflètent plus vite et plus intensément que les eaux du large les variations de température de l'atmosphère surtout lorsque les vents favorisent les échanges thermiques par brassage des eaux, sous l'effet des vagues, mais aussi des courants induits.

Une comparaison avec les travaux de BOUZID et NEHAD (2006), BOUDOUMA et CHENENNOU (2007) et LEFNAOUI et OUALI (2008) réalisés en période hivernale indique des valeurs moyennes relativement similaires soit $16,74 \pm 0,39$ °C, $16,43 \pm 0,39$ °C et $15,94 \pm 0,14$ °C.

D'après l'ensemble des résultats obtenus sur la baie d'El Djamilia (BOUZID et NEHAD, 2006 ; BOUDOUMA et CHENENNOU, 2007 ; LEFNAOUI et OUALI, 2008 ; présente étude), on constate que les eaux de la baie sont comprises entre 15,94 et 17,61 °C. Elles sont comprises dans l'intervalle des températures hivernales enregistrées par GUIBOUT (1987) en Méditerranée, qui sont comprises entre 15,43 et 24,72°C.

2.2 LA SALINITE

Les valeurs de salinité observées dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 3. Les salinités relevées dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	Salinité (PSU)	Stations
Surface	Minimale	36,30	5
	Maximale	37,30	12
	Moyenne	36,91	
Fond	Minimale	36,00	1
	Maximale	37,30	19
	Moyenne	36,87	

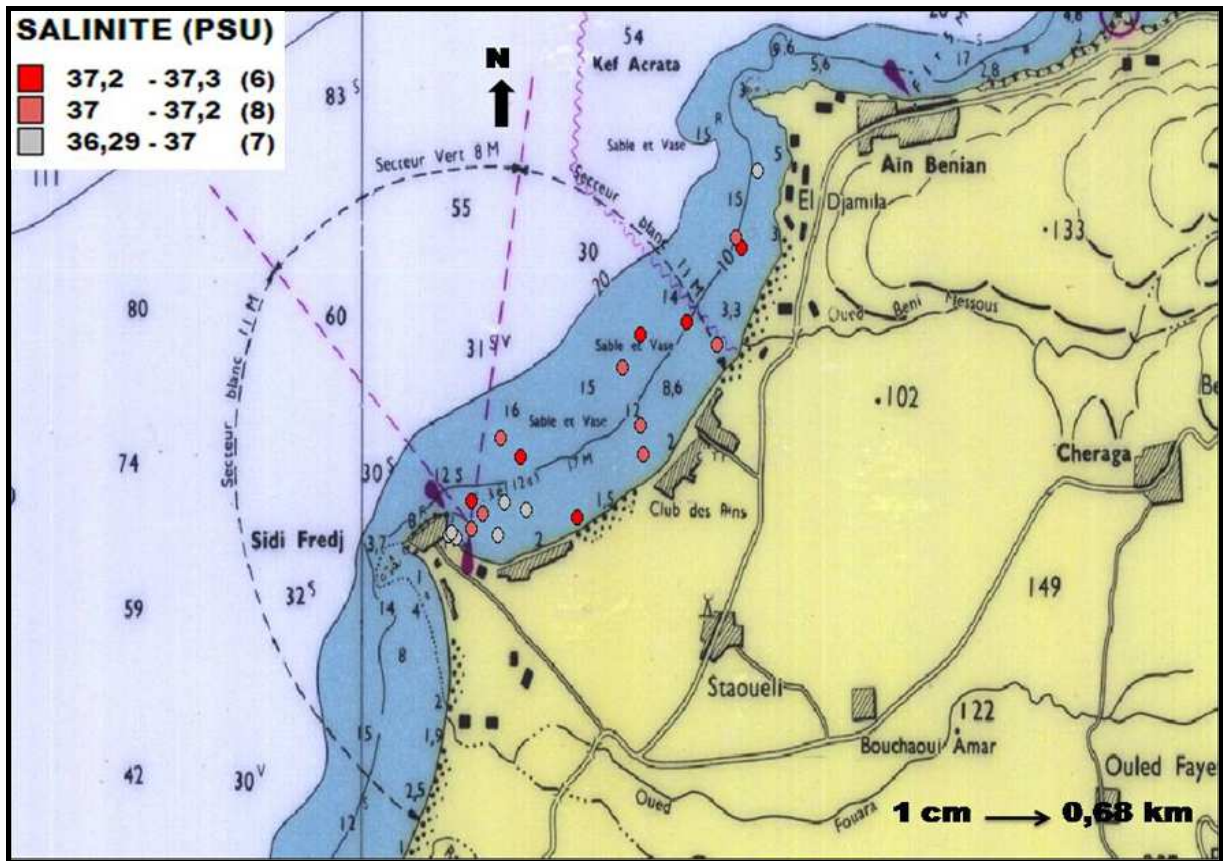


Figure 11. Répartition de la salinité (PSU) dans les eaux superficielle de la baie d'El Djamila en février 2009

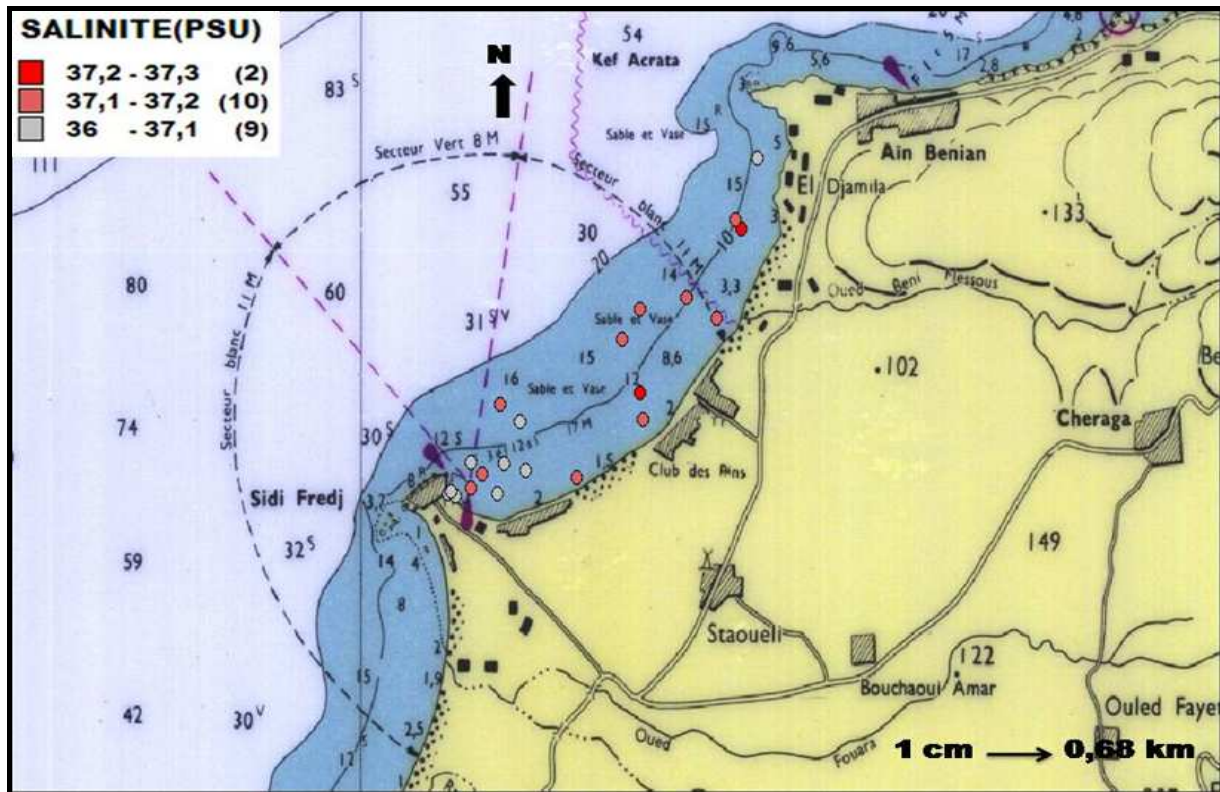


Figure 12. Répartition de la salinité (PSU) des eaux de fond de la baie d'El Djamila

On remarque que les salinités enregistrées montrent une variation de 1 PSU, allant de 36,30PSU à 37,30PSU. Cette cohérence est assez attendue, vu que les salinités influencées par l'eau douce des eaux superficielles sont d'environ 36,79PSU à 37,00PSU sur les côtes algériennes (GUIBOUT, 1987).

La méditerranée est considérée comme un bassin de concentration entourée de masses continentales et exposée à un climat sec, d'où d'importantes pertes par évaporation qui dépassent les apports fluviaux et les précipitations. Les salinités varient selon la température, la profondeur et les apports d'eau douce (pluviométrie, oued, déversements côtiers...) et les courants (JACQUES et TREGUER, 1986).

La comparaison des moyennes de salinité enregistrées dans la même saison durant une période de quatre ans $36,83 \pm 0,17$ PSU (BOUZID et NEHAD, 2006); $36,66 \pm 0,17$ PSU (BOUDOUMA et CHENENNOU, 2007) ; $36,77 \pm 0,20$ PSU (LEFNAOUI et OUALI, 2008) ; on remarque que les eaux de la baie d'El Djamila ont des salinités élevées cela est due aux caractéristiques hydrologiques de la mer méditerranée, où GUIBOUT (1987) constate que les salinités au large de notre zone d'étude sont comprises 36,64 et 36,80PSU, elles coïncident parfaitement avec les valeurs $36,83 \pm 0,17$ PSU (BOUZID et NEHAD, 2006); $36,66 \pm 0,17$ PSU (BOUDOUMA et CHENENNOU, 2007) ; $36,77 \pm 0,20$ PSU (LEFNAOUI et OUALI, 2008) et $36,89 \pm 0,36$ PSU (présente étude).

2.3 L'OXYGENE DISSOUS :

Les valeurs de l'oxygène dissous observées dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 4. L'oxygène dissous relevé dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	O ₂ dissous (mg /l)	Stations
Surface	Minimale	5,90	1
	Maximale	6,80	19
	Moyenne	6,18	
Fond	Minimale	4,90	21
	Maximale	6,32	12
	Moyenne	5,56	

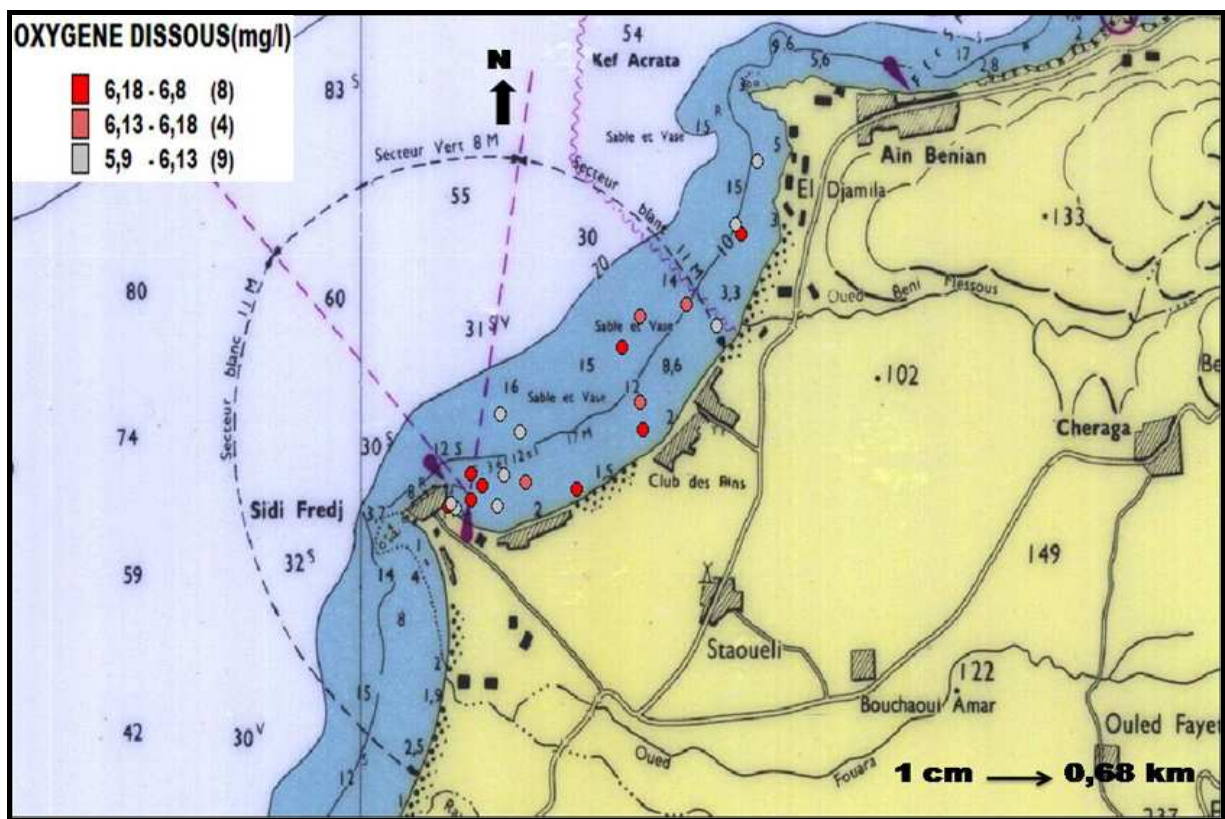


Figure 13. Répartition des teneurs en oxygène dissous des eaux superficielles de la baie d'El Djamila

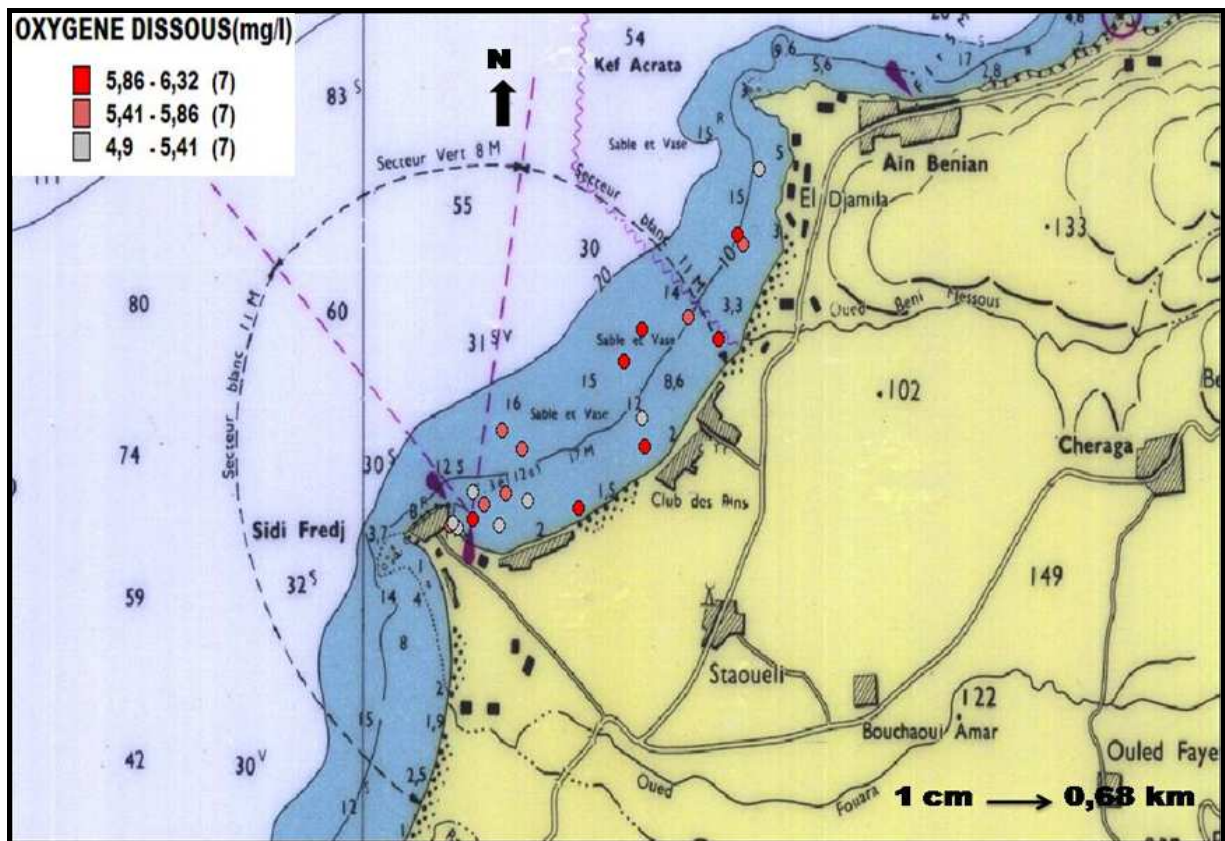


Figure 14. Répartition des teneurs en oxygène dissous des eaux de fond de la baie d'El Djamilia

Les concentrations de l'oxygène dissous dans la baie d'el Djamilia sont comprises entre 4,9 mg/l et 6,9 mg /l avec une moyenne de $5,87 \pm 0,44$ mg/l. Concernant les eaux de surface, les teneurs en oxygène dissous varient entre 5,9 mg/l (station1) et 6,8 mg/l (station 19) avec une moyenne de $6,17 \pm 0,18$ mg/l. Dans les eaux profondes, les concentrations en oxygène dissous vont de 4,9 mg/l (station 21) à 6,32 mg/l (station 12) avec une moyenne de $5,56 \pm 0,40$ mg/l.

Les taux de saturation en oxygène dissous varient entre 63,62% (station 1) et 89,02% (station 12) avec une moyenne de $76,471 \pm 5,53\%$.

Dans la baie d'El Djamilia les teneurs en oxygène dissous sont faibles. **RODIER (2005)** constate que les valeurs supérieures à 10 mg/l représentent des teneurs élevées.

Les apports d'eau douce conditionnent les salinités dans les oueds mais également la solubilité de l'oxygène. Les eaux des oueds sont chargées de déchets d'origine organique dont l'oxydation consomme de l'oxygène (**FAURY et al., 1999**).

Dans les milieux à faible taux de renouvellement (lacs, retenues de barrages, baies, etc.) la teneur en oxygène dissous a tendance à diminuer avec la profondeur, et des phénomènes anaérobies peuvent se développer dans les fonds. Quand la température s'élève, la teneur en oxygène diminue en raison de sa plus faible solubilité, mais aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient. Ainsi peut être favorisée la réduction des nitrates en nitrites et des sulfates en sulfures. (**RODIER 2005**)

Une comparaison avec les travaux de **BOUZID et NEHAD (2006)**, **BOUDOUMA et CHENENNOU (2007)** et **LEFNAOUI et OUALI (2008)** réalisés en période hivernale indique des valeurs moyennes variables soit $7,81 \pm 0,55 \text{mg/l}$, $4,80 \pm 0,55 \text{mg/l}$, $8,73 \pm 0,47 \text{mg/l}$.

Les teneurs en oxygène dissous obtenues en 2007 et dans la présente étude sont inférieures à celles de 2006 et 2008. On suppose que les fortes charges apportées, (charges minérales et organiques) par l'oued Béni Messous, ont augmenté la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO) entraînant des taux de saturation faibles par rapport à 2006 et 2008.

PERKINS (1974) explique que la situation d'un milieu aquatique polluée peut résulter d'une surcharge en matière en suspension provenant des apports terrigènes, par exemple les eaux d'égout complexes qui ont une DBO élevée et pour cette raison la teneur en oxygène de l'eau a tendance à diminuer.

AMINOT et KEROUEL, (2004), constatent que la teneur en oxygène moléculaire dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques.

2.4 LE POTENTIEL D'HYDROGENE :

Les valeurs de potentiel d'hydrogène observées dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 5. Potentiel d'hydrogène relevé dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	pH	Stations
Surface	Minimale	7,72	3
	Maximale	8,27	12
	Moyenne	8,06	
Fond	Minimale	7,19	21
	Maximale	8,22	8
	Moyenne	7,96	

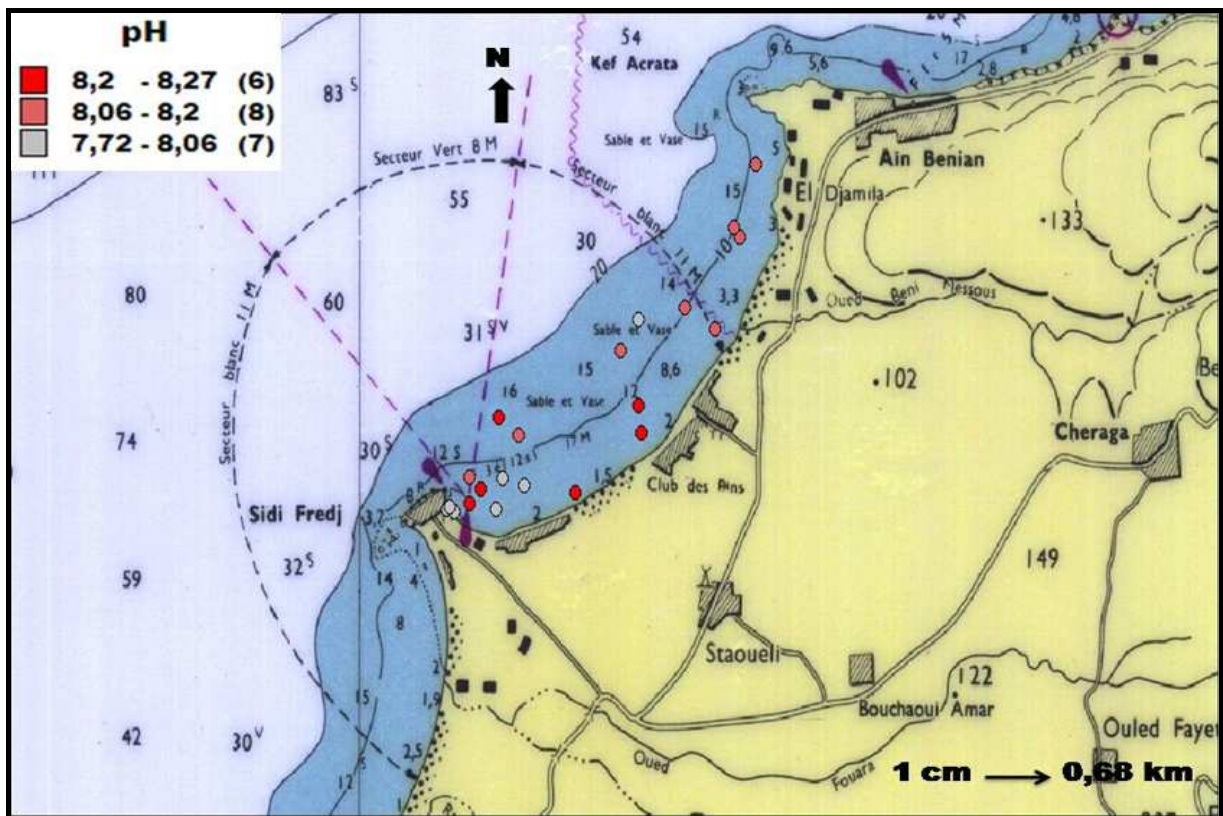


Figure 15. Répartition des pH des eaux superficielles de la baie d'El Djamila

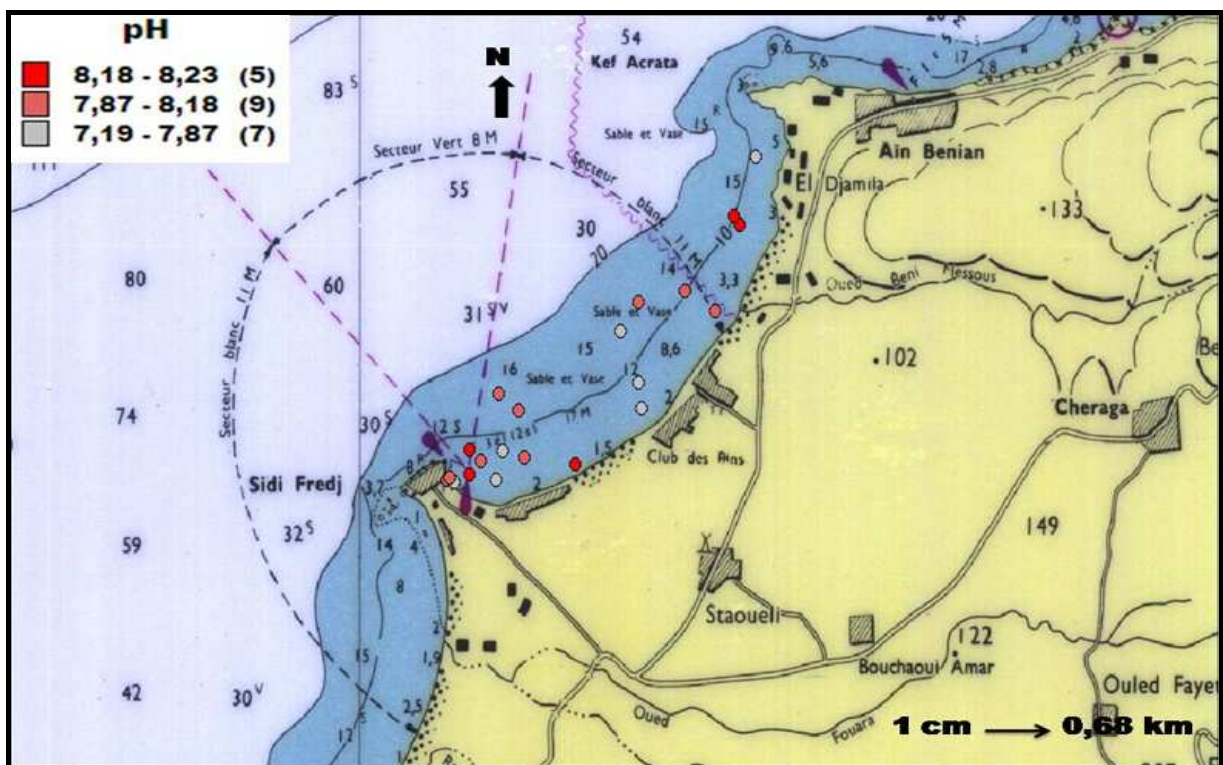


Figure 16. Répartition des pH des eaux de fond de la baie d'El Djamila

Les variations des valeurs du pH sont comprises entre 7,19 (station 21) et 8,27(station 12) avec une moyenne de $8,01 \pm 0,21$. En eaux de surface les valeurs du pH vont de 7,72 (station 3) à 8,27(station 12) avec une moyenne de $8,06 \pm 0,17$. Concernant les eaux profondes, le pH varie de 7,19 (station 21) et 8,22 (station 8) avec une moyenne de $7,96 \pm 0,25$.

Les valeurs les plus basses sont enregistrées au niveau des stations portuaires 7,72 et 7,19 respectivement stations (3 et 21). **HAOUA et LALAOUI (2006)** cela serait du à la présence des égouts qui véhiculent des eaux usées abaissant le pH de l'eau. Selon **BERNABE et BERNABE-QUET (1997)**, le pH de l'eau de mer varie de 7,9 à 8,3 selon les zones marines.

Une comparaison avec les travaux de **BOUZID et NEHAD (2006)**, **BOUDOUMA et CHENENNOU (2007)** et **LEFNAOUI et OUALI (2008)** réalisés en période hivernale indique des valeurs moyennes relativement similaires soit $8,13 \pm 0,02$, $8,18 \pm 0,03$ et $8,36 \pm 0,04$. Le Potentiel hydrogène est aussi influencé par la température, l'alcalinité et les systèmes de carbonates, une eau basique à 8,2 présente les conditions pour permettre la photosynthèse et la respiration (**AFRI, 1991**).

2.5 LA MATIERE EN SUSPENSION :

Les valeurs de la matière en suspension dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 6. Les teneurs en matière en suspension (mg/l) mesurées dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	MES (mg/l)	Stations
Surface	Minimale	0	3,17
	Maximale	24,00	18
	Moyenne	8,57	
Fond	Minimale	0	1, 2,16
	Maximale	24,00	6
	Moyenne	8,19	

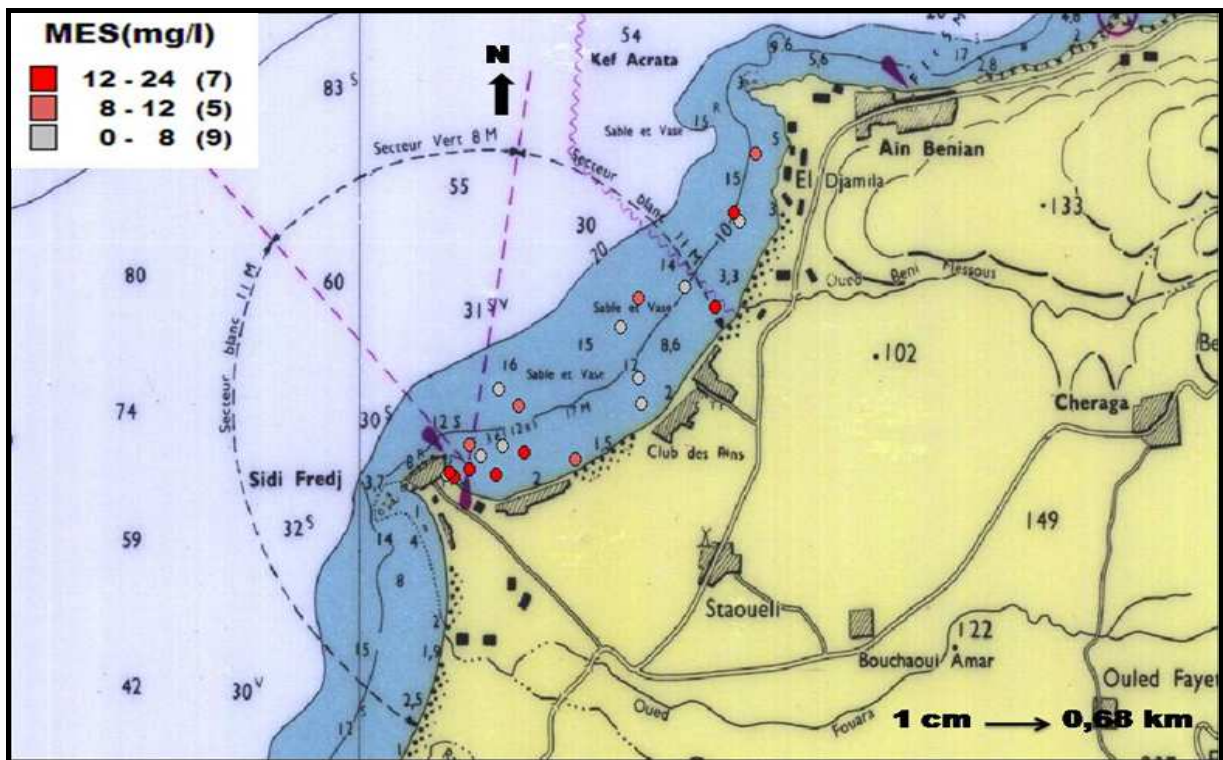


Figure 17. Répartition des teneurs en matières en suspension (mg/l) des eaux superficielles de la baie d'El Djamilia

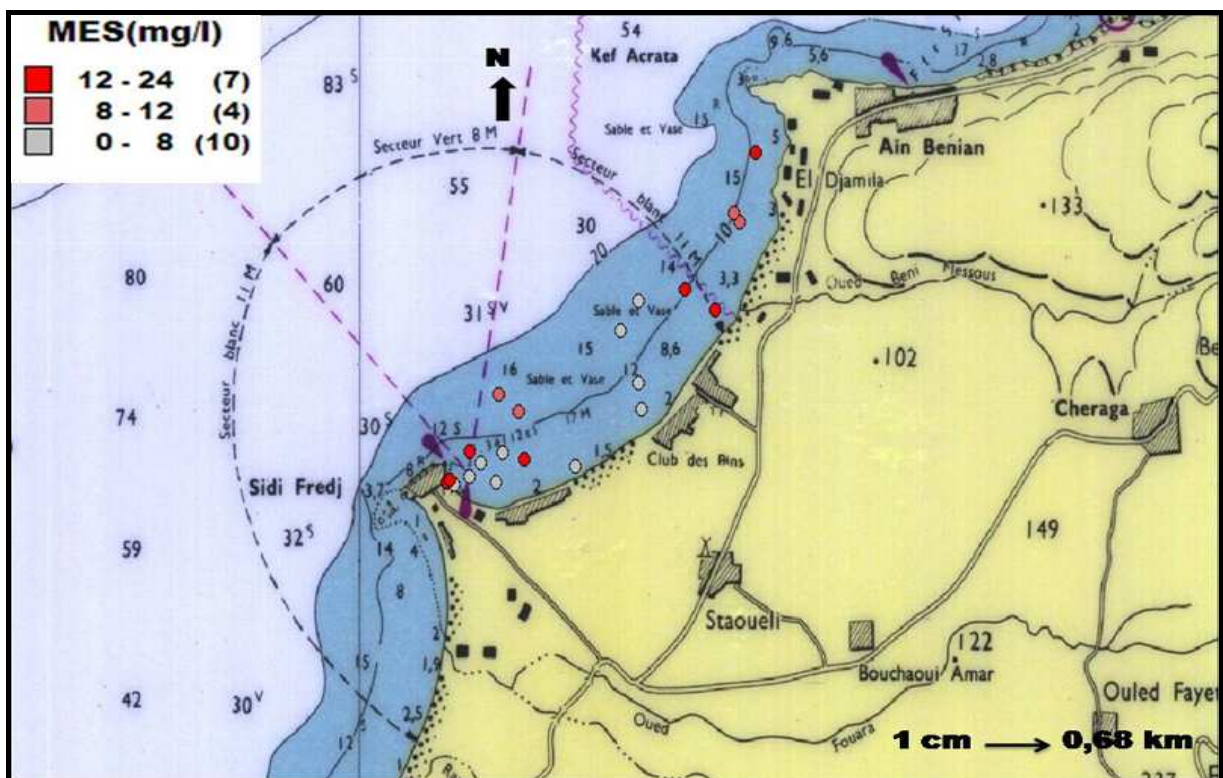


Figure 18. Répartition des teneurs en matières en suspension (mg/l) des eaux de fond de la baie d'El Djamilia

Les teneurs en matière en suspension de la baie d'El Djamila varient de 0 à 24 mg/l avec une moyenne de $8,38 \pm 6,42$ mg/l. En surface, elles sont comprises entre 0 mg/l (station 3 et 17) et 24 mg/l (station 18) avec une moyenne de $8,57 \pm 6,36$ mg/l. En profondeur, elles sont comprises entre 0 mg/l (station 1,2,16) et 24 mg/l (station 6) avec une moyenne de $8,19 \pm 6,63$ mg/l.

On a observé que de fortes teneurs en matière en suspension près de l'embouchure de l'oued Béni Messous (station 18) et au niveau du port de Sidi Fredj (station 6). Cela est dû aux apports terrigènes par l'oued Béni Messous et les rejets des eaux usées par le complexe touristique. L'origine de la matière en suspension peut, aussi, avoir d'autres sources.

RODIER (2005) explique que la teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc.), elles sont, aussi, en fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux et des rejets, où l'eau chargé des matières en suspension arrive en mer par le biais des cours d'eau peut provoquer de fortes fluctuations temporaires des matières particulaires organiques et minérales.

Selon **FAURY et al., (1999)**, les matières en suspension sont affectées par plusieurs facteurs: les apports par les oueds en période de forts débits qui entraînent un déplacement du bouchon vaseux, mais aussi par, les vents, les marées, les courants, la houle, les ruissellements sur les estrans sont autant de facteurs qui jouent de manière complexe sur la remise en suspension des sédiments. **BERNABE et BERNABE-QUET (1997)** expliquent que les courants littoraux peuvent transporter les sables le long des rivages surtout lorsqu'elles l'abordent obliquement entraînant de grandes quantités de sable dans un courant littoral. Dans le cas de la baie d'El Djamila, qui est ouverte aux houles dominantes hivernales et estivales avec des faciès sédimentaires essentiellement composés de sables, la remise en suspension des sédiments est facilitée en période d'agitation de l'eau. Ceci pourrait expliquer les larges variations des MES observées. On suppose que cette forte variabilité est due essentiellement aux phénomènes physiques qui surviennent en mer aboutissant à la mise en mouvement des eaux et donc à la remise en suspension rapide des sédiments et à leur décantation rapide (**BERNABE et BERNABE-QUET 1997**).

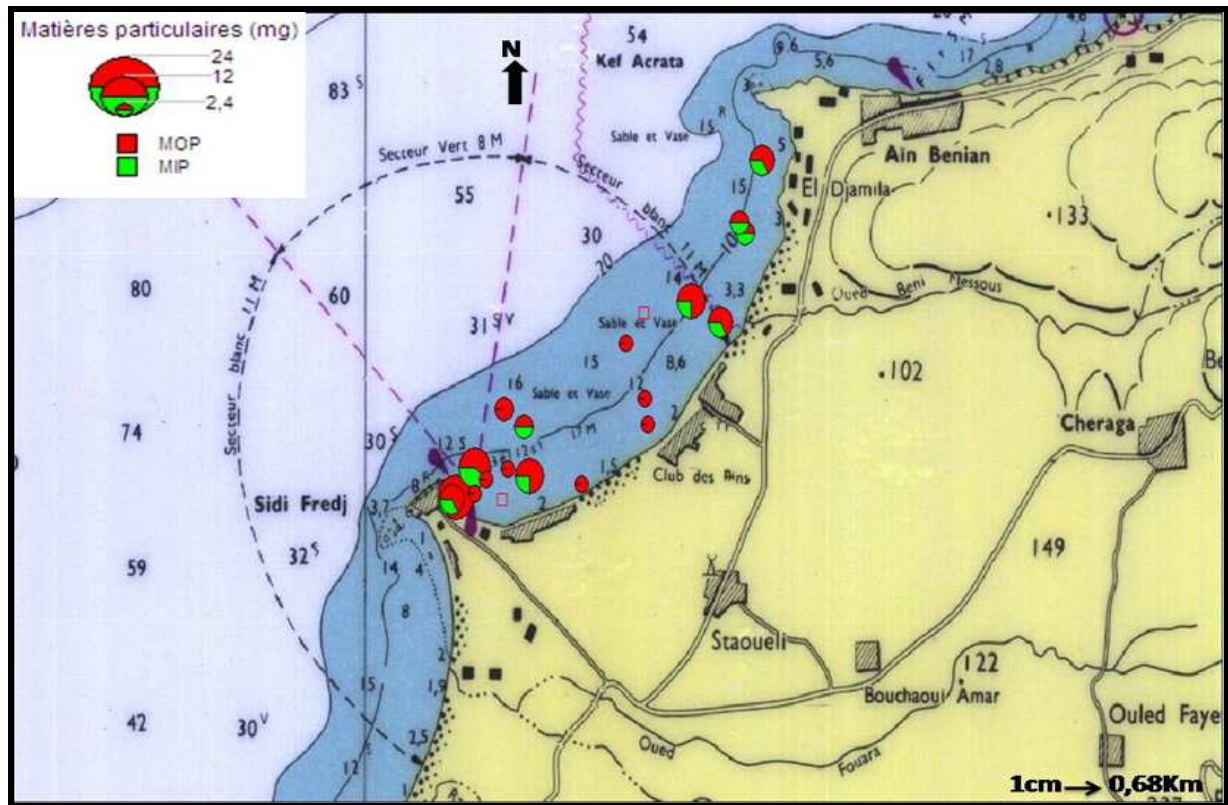


Figure 20. Répartition des rapports MIP/MOP des eaux fond de la baie d'El Djamila

Les valeurs du MIP/MOP sont comprises entre 0 et 1 avec une moyenne de $0,23 \pm 0,32$. En eau de surface, les rapports varient entre 0 (station 3,5,7,8,9,10,12,13,14,15,16,17,19,21) et 1 (station 11) avec une moyenne de 0,17. En profondeur, le rapport varie entre 0 (station 1,2,3,8,9,10,12,13,14,15,16) et 1 (station 11,19,20) avec une moyenne de 0,29. Les valeurs des rapports observées sont faibles, cela explique les fortes charges des matières organiques par rapport aux faibles charges minérales des eaux, qui donnent un indice sur la bonne qualité nutritive des eaux de la baie. On suppose que l'origine de cette forte surcharge organique est due aux apports de l'oued Béni Messous.

Le rapport entre la matière inorganique particulaire (MIP) et la matière organique particulaire (MOP) traduit le niveau nutritive du milieu (THOUZEAU, 1991), où les valeurs inférieures ou proches de 1 représentent des eaux de bonne qualité trophique et les valeurs supérieures à 1 sont la conséquence d'une augmentation de la fraction minérale par rapport à la fraction organique, qui indique une baisse de la qualité trophique des eaux.

2.6 LA CHLOROPHYLLE A ET LES PHEOPIGMENTS :

Les valeurs de la chlorophylle *a* et des phéopigments dans la baie d'El Djamilia sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau 8. Les valeurs de la chlorophylle a (mg/l) mesurées dans la baie d'El Djamilia en février 2009.

	Valeurs	Chlorophylle (mg/m ³)	Stations
Surface	Minimale	0	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15,16, 18, 19, 20,21
	Maximale	12,6	17
	Moyenne	1,16	
Fond	Minimale	0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 9, 11, 12, 13, 14,15, 16, 17, 18,19, 20,21
	Maximale	81,99	10
	Moyenne	3,90	

Tableau 9. Les valeurs des phéopigments mesurées dans la baie d'El Djamilia en février 2009.

	Valeurs	Phéopigment (mg/m ³)	Stations
Surface	Minimale	0	2, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 19, 20
	Maximale	18,94	10
	Moyenne	5,59	
Fond	Minimale	0	1, 3, 4, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 18, 20,21
	Maximale	36,34	19
	Moyenne	6,41	

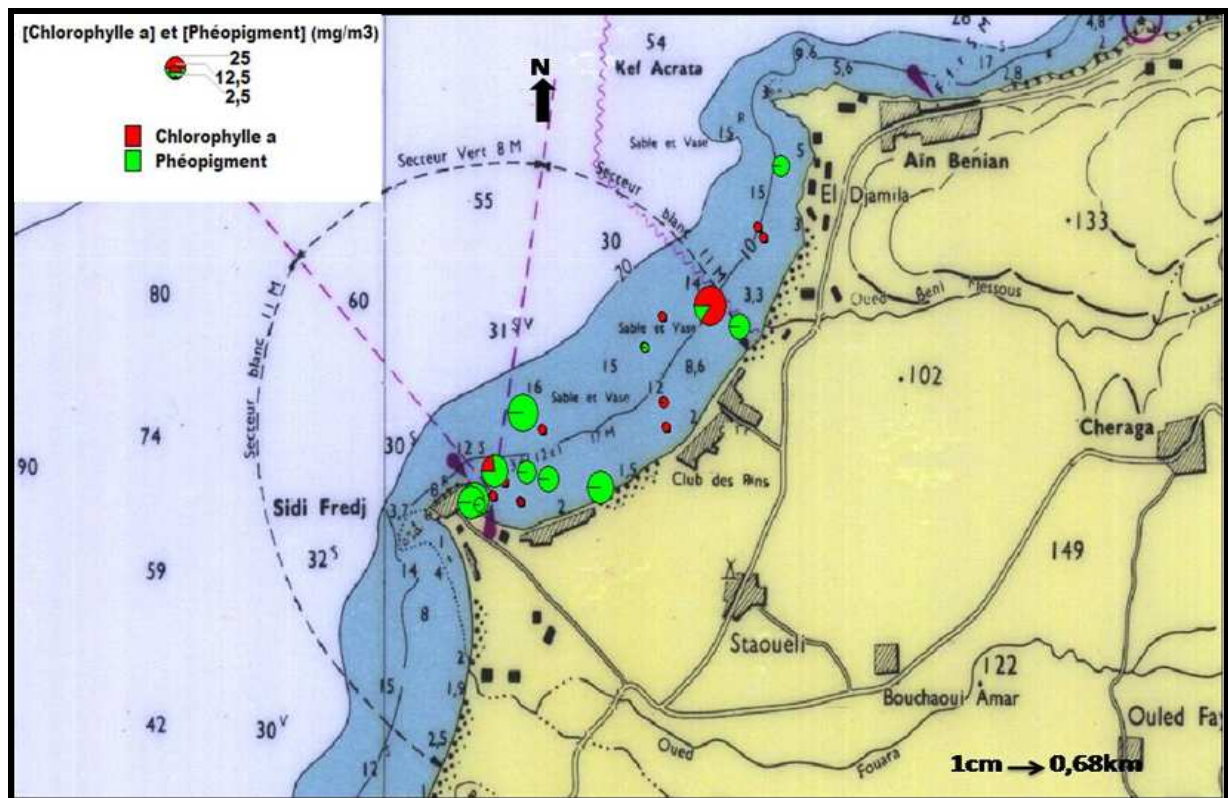


Figure 21. Répartition des teneurs en chlorophylle a et en phéopigment des eaux superficielles de la baie d'El Djamila

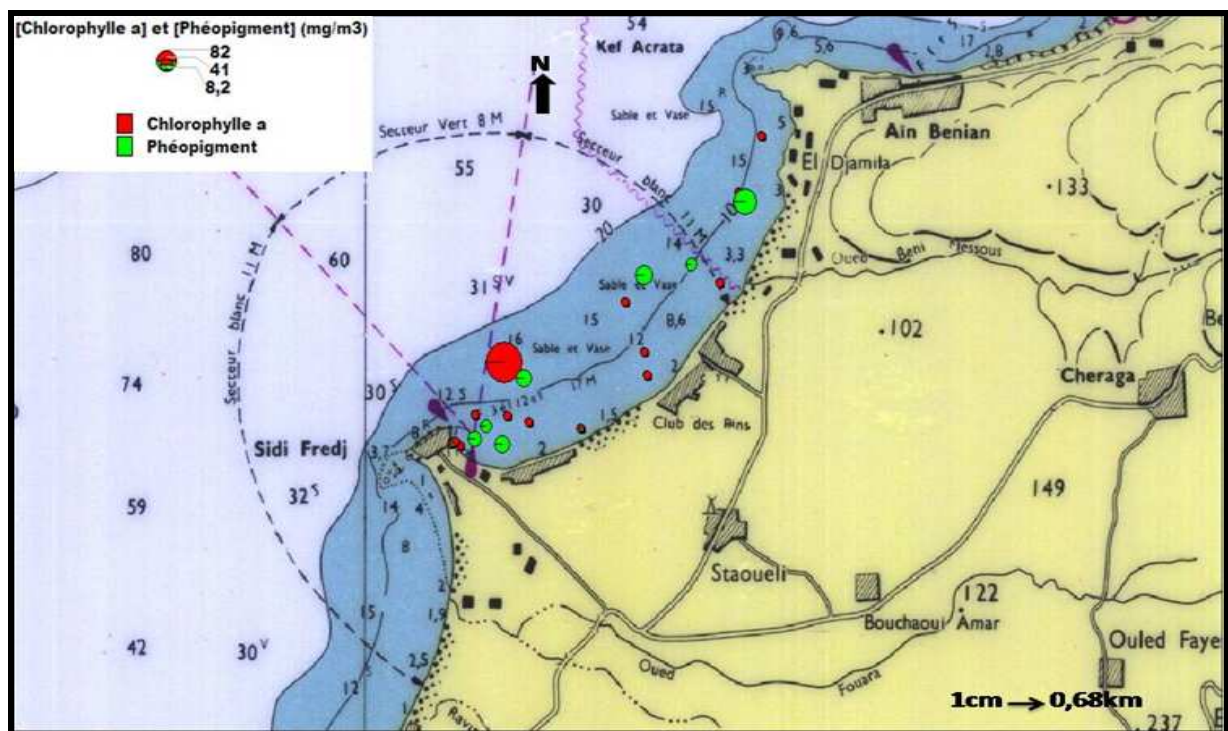


Figure 22. Répartition des teneurs en chlorophylle a et en phéopigment des eaux de fond de la baie d'El Djamila

Les teneurs de la chlorophylle *a* dans la baie d'El Djamila varient de 0 à 81,99 mg/m³ avec une moyenne de 2,53±12,86mg/m³. Les variations des teneurs en chlorophylle *a* présentent une moyenne de 1,16±3,89 mg/m³ en surface et de 3,9 ±17,89mg/m³ en profondeur. Tandis que les phéopigments *a* atteignent des teneurs nettement élevées avec une moyenne de 5,59±6,49 mg/m³ en surface et 6,41±10,24 mg/m³ en profondeur. En surface, la teneur minimale en chlorophylle *a* est enregistrée dans plusieurs stations (1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15,16, 18, 19, 20 et 21) elle est de 0 mg/m³. Par contre elle atteint un maximum de 12,6 mg/m³ (station 17) (tableau 8). En profondeur, les teneurs en chlorophylle *a* varient entre 0 mg/m³ (stations 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14,15, 16, 17, 18,19, 20 et 21) et 81,99 mg/m³ (station 10) (tableau 2-4). Concernant les phéopigments *a*, les teneurs en surface fluctuent entre 0 mg/m³ (stations 2, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 19, 20) et 18,94 mg/m³ (station 10). Dans les eaux profondes elles vont de 0 mg/m³ (station 1, 3, 4, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 18, 20 et 21) à 15,350 mg/m³ (station 19) (tableau 9).

Les faibles concentrations de la chlorophylle *a* peuvent s'expliquer par des prélèvements réalisés dans des conditions du milieu défavorable à la production phytoplanctonique, où les quelques concentrations élevées ont été observées à la côte plus particulièrement à proximité de l'oued Béni Messous. On suppose que l'enrichissement phytoplanctonique des eaux à la baie est du à des apports continentaux, comme l'a expliqué (RAVAIL- Legrand 1993 in FAURY et al., 1999). A cela s'ajoutent la production phytoplanctonique provenant des eaux marines (FAURY et al., 1999).

BARNABE et BARNABE-QUET (1997) explique que la concentration de la chlorophylle dépend d'une part, de la taille et nombre des êtres photosynthétiques et d'autre part, de la température, flottabilité du phytoplancton et les mouvements des masses d'eau.

Selon **FAURY et al., (1999)**, l'abondance des phéopigments est liée à l'augmentation du débit de l'effluent en ramenant des particules organique chlorophylliennes. Pour ce qui est des phéopigments, **AMINOT et KEROUEL (2004)**, affirment que plus la concentration en phéopigments est élevée par rapport à la concentration de la chlorophylle *a*, plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton. Il se rapportent donc à la fraction dégradée de la chlorophylle *a* d'origine marine.

Une comparaison avec les travaux de **BOUZID et NEHAD (2006)**, **BOUDOUMA et CHENENNOU (2007)** et **LEFNAOUI et OUALI (2008)** réalisés en période hivernale indique des valeurs moyennes relativement faibles soit 0,1959 ±0,061mg/m³, 1,193±1,16mg/m³ et 1,17929±2,20mg/m³, avec des valeurs des phéopigments **BOUDOUMA CHENENNOU (2007)** 5,152±4,07 mg/m³, **LEFNAOUI et OUALI (2008)** 15,9 ±3,88mg/m³.

On remarque que les valeurs de la chlorophylle sont inférieures à celles des phéopigments et cela s'explique, selon **AMINOT et KEROUEL (1978)**, aux faibles concentrations liées au "broutage" des cellules végétales par le zooplancton.

2.7 LES SELS NUTRITIFS :

Le déficit en éléments nutritifs de la méditerranée par rapport aux océans est du au régime hydrologique particulier de cette mer. Elle ne reçoit de l'océan Atlantique que des eaux superficielles déjà appauvris en sels nutritifs avant de pénétrer dans le détroit de Gibraltar. (**COPIN-MONTEGUT, 1996**).

2.7.1 AMMONIUM (NH_4^+):

Les valeurs des teneurs en ammonium dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 10. Les teneurs en azote ammoniacal relevés dans la baie d'El Djamila.

	Valeurs	NH_4^+ ($\mu\text{mol/l}$)	Stations
Surface	Minimale	0	18
	Maximale	0,011	3
	Moyenne	0,038	
Fond	Minimale	0,001	7
	Maximale	0,453	21
	Moyenne	0,066	

Les teneurs en ammonium observées varient de 0 à 0,453 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de $0,057 \pm 0,071 \mu\text{mol/l}$. En surface les teneurs varient entre 0 (station 18) et $1,01 \cdot 10^{-1} \mu\text{mol/l}$ (station 3) avec une moyenne $0,038 \pm 0,028 \mu\text{mol/l}$. En fond les teneurs varient entre $0,011 \mu\text{mol/l}$ (station 7) et 0,453 (station 21) avec une moyenne de $0,066 \pm 0,094 \mu\text{mol/l}$.

Les teneurs faibles en ammonium pourraient s'expliquer par un brassage de l'eau en période hivernale et comme la plupart des espèces aquatiques utilisent préférentiellement l'ammonium qui est la forme la plus réduite, donc, la plus avantageuse d'un point de vue énergétique (**COPIN-MONTEGUT, 1996**). **AMINOT et KEROUEL (2004)** constatent que l'ammonium est préférentiellement utilisé par les algues, ce qui peut expliquer l'appauvrissement des eaux de la baie en teneurs en ammonium.

Une comparaison avec les travaux de **BOUZID et NEHAD (2006)**, **BOUDOUMA et CHENENNOU (2007)** et **LEFNAOUI et OUALI (2008)** réalisés en période hivernale indique des valeurs moyennes relativement similaires soit $5,2 \cdot 10^{-7} \pm 0,00$, $1,17 \cdot 10^{-6} \pm 0,00$ et $1,63 \cdot 10^{-2} \pm 0,01$. Les faibles quantités d'ammonium observées dans les eaux sont dues, aussi, au fait que les organismes autotrophes le résorbent rapidement (**LEVEQUE, 2006**).

L'ammonium est thermodynamiquement stable pour des concentrations en oxygène extraordinairement faibles. Il n'est donc pas surprenant de constater que l'ammonium est généralement présent dans les eaux marines normalement oxygénées à des concentrations inférieures, ou nettement inférieures à $1 \mu\text{mol/l}$. (**COPIN-MONTEGUT, 1996**).

2.7.2 LES NITRITES (NO_2^-) :

Les valeurs des teneurs en nitrites dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 11. Les teneurs en nitrites enregistrées ($\mu\text{mol/l}$) mesurées dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	NO_2^- ($\mu\text{mol/l}$)	Stations
Surface	Minimale	0	3,4,5,7,8,10,13,18,19,20,21
	Maximale	0,048	11
	Moyenne	0,0081	
Fond	Minimale	0	2, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 17, 18
	Maximale	0,048	8
	Moyenne	0,016	

Les eaux de la baie el Djamila présentent des teneurs faibles en nitrites. Les valeurs obtenues pour les eaux de surface sont comprises entre 0 $\mu\text{mol/l}$ (station 3,4,5,7,8,10,13,18,19,20 et 21) et $4,80 \cdot 10^{-2} \mu\text{mol/l}$ (station 11), alors qu'en profondeur elles ne dépassent pas les $4,80 \cdot 10^{-2} \mu\text{mol/l}$ (station 11), la teneur minimale est similaire à celle des eaux superficielle qui est notée dans les stations (2,3,4,5,7,8,10,13,18,19,20 et 21). Avec des moyennes qui ne dépassent pas les $1,16 \cdot 10^{-2} \pm 0,01 \mu\text{mol/l}$.

Les teneurs sont inférieures à celles notées pour l'ammonium, conformément à ce qu'a été expliqué au sujet de la réduction. Par le fait que les nitrites se réduisent en ammonium, par la réaction de dénitrification ; par ailleurs, les nitrites restent toujours de très faibles concentrations avec des variations d'une moyenne de $8,10 \cdot 10^{-3} \mu\text{mol/l}$ et de $1,16 \cdot 10^{-2} \mu\text{mol/l}$.

Une comparaison avec les travaux de **BOUZID et NEHAD (2006)**, **BOUDOUMA et CHENENNOU (2007)** et **LEFNAOUI et OUALI (2008)** réalisés en période hivernale indique des valeurs moyennes relativement similaires soit $1,62 \cdot 10^{-5} \pm 0,00$, $7,82 \cdot 10^{-6} \pm 0,00$ et $0,00 \mu\text{mol/l}$.

Comme les nitrites sont les formes intermédiaires entre l'ammonium et les nitrates, leur faibles teneurs pourraient être interprétées par leur consommation par les microorganismes marins lors de la croissance et /ou la dénitrification. Les nitrites disparaissent vite en milieu naturel. (**GAUJOUS, 1995**).

2.7.3 LES NITRATES (NO_3^-) :

Les valeurs des teneurs en nitrates dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 12. Les teneurs en nitrates ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	NO_3^- ($\mu\text{mol/l}$)	Stations
Surface	Minimale	0	2, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 17
	Maximale	0,0405	12
	Moyenne	0,0094	
Fond	Minimale	0	5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21
	Maximale	0,0338	12
	Moyenne	0,0078	

Les teneurs en nitrates de la baie d'El Djamila varient entre $0\mu\text{mol/l}$ et $0,0405\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de $0,0086\pm 0,01\mu\text{mol/l}$. En surface de l'eau, elles sont comprises entre $0\mu\text{mol/l}$ (station 2, 7, 8, 10, 11, 13, 15 et 17) et $0,0405\mu\text{mol/l}$ (station 12) avec une moyenne de $0,0094\pm 0,01\mu\text{mol/l}$. En profondeur, elles sont comprises entre $0,00\mu\text{mol/l}$ (station 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 20 et 21) et $0,0338\mu\text{mol/l}$ (station 12) avec une moyenne de $0,0078\pm 0,01\mu\text{mol/l}$.

Les résultats obtenus pour les nitrates dans les eaux de la baie d'El Djamila sont très faibles. (COPIN-MONTEGUT, 1996) montre que la couche superficielle des océans et des mers est en générale appauvrie en nitrates car les concentrations des nitrates au niveau de la baie sont inférieures à $1\mu\text{mol/l}$ ou même indétectables par les méthodes de mesures habituelles. Donc les teneurs inférieures à $0,1\mu\text{mol/l}$ ne peuvent être mesurées que par des méthodes nano molaires (GARISPE, 1982, et RAIMBAULT et al, 1990 in COPIN-MONTEGUT, 1996) de ce fait on n'a pas pu comparer nos résultats à celles des années précédentes.

Les processus de dénitrification existant en profondeur dans les horizons saturés d'eau ont été précisés, ainsi que la flore bactérienne qui en est partiellement responsable (MERCERON et LE BOZEC, 1999).

Selon FAURY et al., (1999), les formes azotées des rejets sont principalement ammoniacal car les capacités d'aération ne sont pas optimales et les formes réduites prédominent.

2.7.4 LES ORTHOPHOSPHATES (PO_4^{-3}) :

Les valeurs des teneurs en orthophosphates dans la baie d'El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 13. Les teneurs en phosphate ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans la baie d'El Djamila en février 2009.

	Valeurs	PO_4^{-3} ($\mu\text{mol/l}$)	Stations
Surface	Minimale	0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21
	Maximale	0,003	13
	Moyenne	0,0001	
Fond	Minimale	0,0001	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
	Maximale	0,014	11
	Moyenne	0,0007	

Les valeurs des orthophosphates dans la baie d'El Djamila, comme les composés azotés, sont distribués à de très faibles teneurs et qui varient entre 0 et $0,014\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de $1,17.10^{-5}\mu\text{mol/l}$. En surface, les valeurs sont comprises entre $0\mu\text{mol/l}$ (stations 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20 et 21) et $0,003\mu\text{mol/l}$ (station 13), avec une moyenne de $0,0001\pm 0,0006\mu\text{mol/l}$. En profondeur, les valeurs sont presque similaires à celles de la surface avec un minimal de $0\mu\text{mol/l}$ (station 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) et un maximum de $0,014\pm 0,003\mu\text{mol/l}$ (station 11).

Dans les eaux superficielles les phosphates sont activement consommés par le phytoplancton et les concentrations, comme c'est le cas pour l'azote, peuvent devenir non mesurables. (COPIN-MONTEGUT, 1996).

La comparaison des valeurs des teneurs en phosphates enregistrées au niveau de la baie d'El Djamila à la période hivernale, $1,48.10^{-5}\mu\text{mol/l}$ (BOUZID et NEHAD, 2006); $1,31.10^{-5}\mu\text{mol/l}$ (BOUDOUMA et CHENENNOU, 2007) ; $6,40.10^{-3}\mu\text{mol/l}$ (LEFNAOUI et OUALI, 2008). On a remarqué que les résultats des teneurs en phosphates sont très faibles.

Selon FAURY et al., (1999), les matières en suspension perturbent la libération des molécules de phosphore adsorbées à 80-90% sur les particules.

Pour certains éléments, des processus d'adsorption et de désorption règlent les échanges entre l'eau et le matériel particulaire. Ces processus contribuent à réguler les concentrations des substances dissoutes dans la phase liquide, et parmi les éléments nutritifs, le phosphate subit ces phénomènes de manière importante. (ANDRIEUX, 1997 in CUGIER, 1999).

2.7.5 LES SILICATES ($Si(OH)^{-}_4$) :

Les valeurs des teneurs en silicates dans la baie d’El Djamila sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 14. Les teneurs en silicates ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans la baie d’El Djamila en février 2009.

	Valeurs	$Si(OH)^{-}_4$ ($\mu\text{mol/l}$)	Stations
Surface	Minimale	0	2, 14, 15, 18
	Maximale	0,042	8
	Moyenne	0,013	
Fond	Minimale	0,002	6
	Maximale	0,073	3
	Moyenne	0,029	

Les valeurs des silicates dans la baie d’El Djamila sont comprises entre 0 $\mu\text{mol/l}$ et 0,073 $\mu\text{mol/l}$, avec une moyenne de 0,021 \pm 0,018 $\mu\text{mol/l}$. En surface, les valeurs sont comprises entre 0 $\mu\text{mol/l}$ (stations 2, 14, 15 et 18) et 0,042 $\mu\text{mol/l}$ (station 8), avec une moyenne de 0,013 \pm 0,011 $\mu\text{mol/l}$.

En profondeur, les valeurs sont comprises entre 0,002 $\mu\text{mol/l}$ (station 6) et 0,073 $\mu\text{mol/l}$ (station 3), avec une moyenne de 0,029 \pm 0,020 $\mu\text{mol/l}$.

Dans la baie d’el Djamila, les concentrations des silicates sont très faibles.

Les apports de silice sont quasiment indépendants des activités humaines et sont liés essentiellement au lessivage des sols (GUILLAUD, 1993 in CUGIER, 1999).

La distribution verticale du silicium est sensiblement différente de celle du phosphore (ou de celle de l’azote), les teneurs augmentent plus lentement en fonction de la profondeur et les valeurs les plus élevées ne rencontrent pas dans les eaux intermédiaires, mais généralement dans les eaux les plus profondes. Ceci s’explique du fait que les débris siliceux sont plus résistants a la dissolution qui ne le sont les déchets organiques a la décomposition oxydative est leur vitesse de sédimentation est plus grande. (COPIN-MONTEGUT, 1996).

Dans les eaux superficielle, la teneur peut s’abaisser considérablement par suite à l’utilisation de la silice par les diatomées, et on trouve un cycle saisonnier assez semblable celui des phosphates (GAUJOUS, 1995).

Une comparaison avec les travaux de BOUZID et NEHAD (2006), BOUDOUMA et CHENENNOU (2007) et LEFNAOUI et OUALI (2008) réalisés en période hivernale indique des valeurs moyennes faibles soit 1,07.10⁻¹ \pm 0,00, 1,94.10⁻⁵ \pm 0,00 et 6,40.10⁻³ \pm 0,03 $\mu\text{mol/l}$.

La diminution rapide des valeurs est probablement en raison de la dilution des entrées par le mélange et de la prise du silicium par des diatomées (GRUENDLING et MALANCHUK, 1974). SIGG et al, (2000) constate que les diatomées, qui constituent une large part du phytoplancton, ont besoin de la silice pour synthétiser les parois de leurs cellules. De ce fait, les teneurs en silice sont faibles.

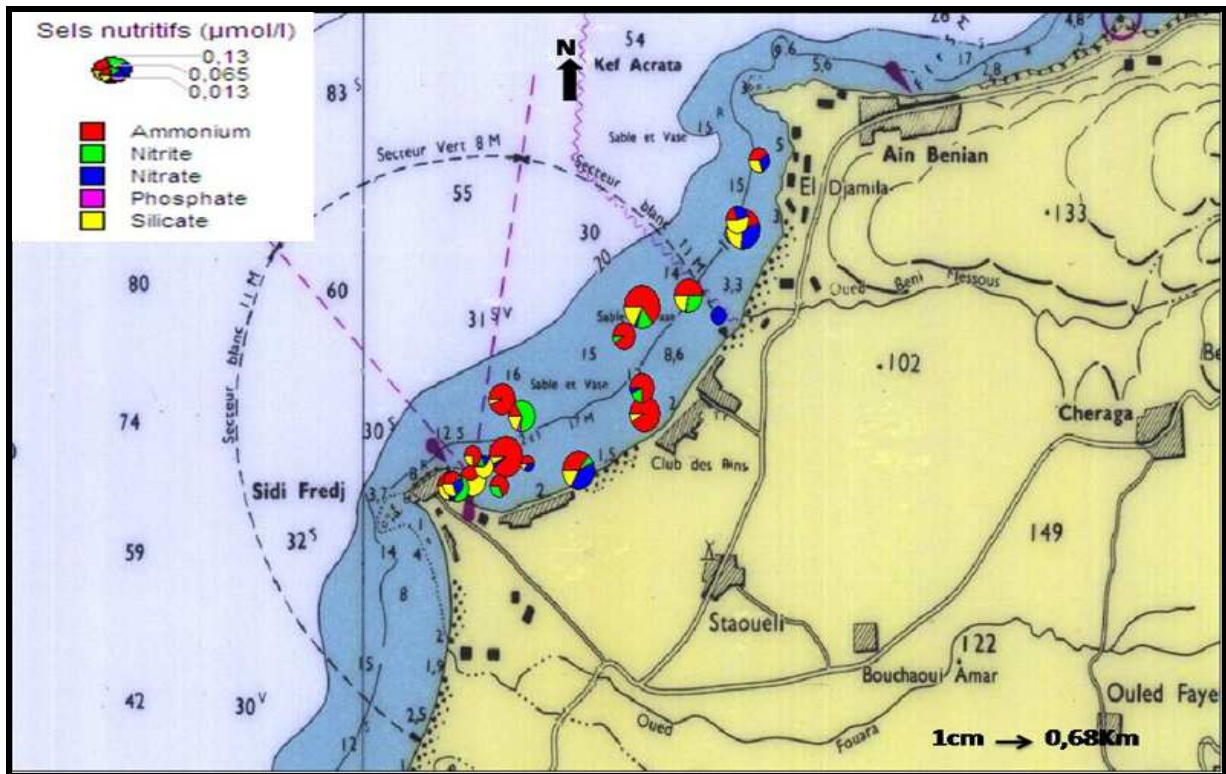


Figure 23. Répartition des teneurs en sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) des eaux superficielles de la baie d'El Djamilia

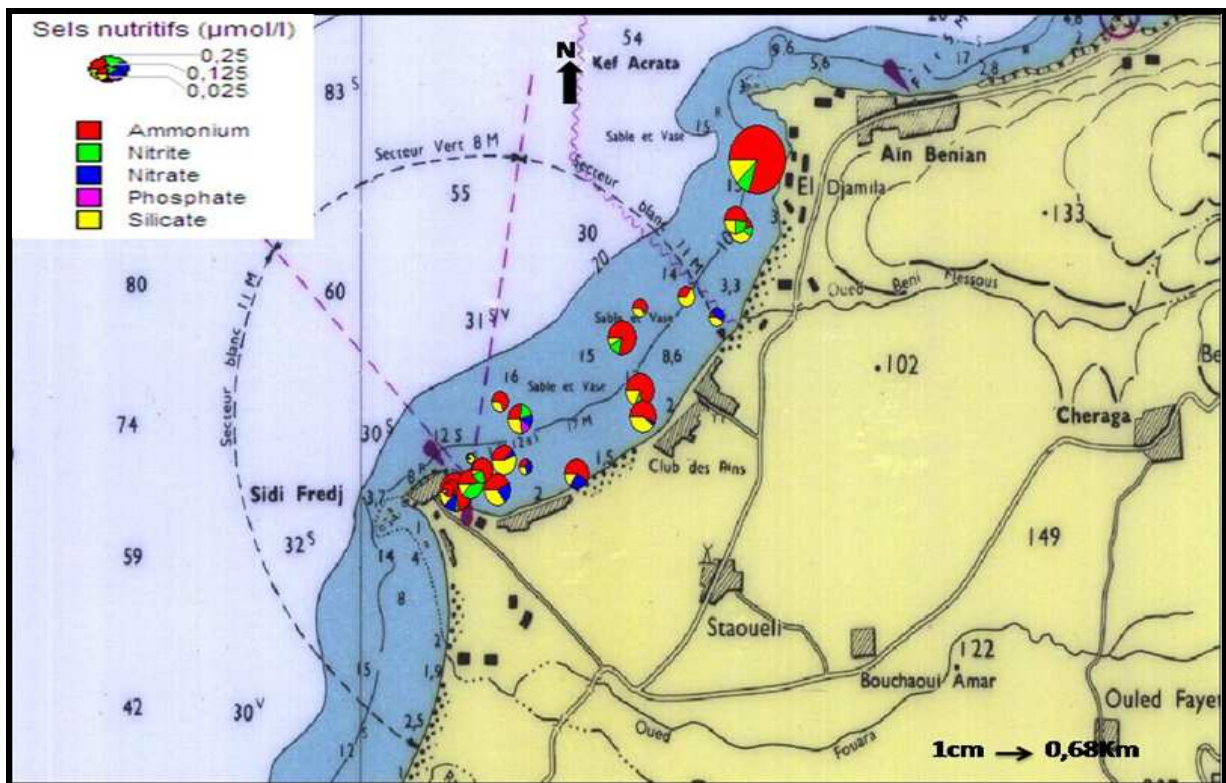


Figure 24. Répartition des teneurs en sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) des eaux superficielles de la baie d'El Djamilia.

2.8 ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES :

L'analyse permet, de mettre en relation l'ensemble des observations de chaque variable pour les stations surface et fond, et ainsi favoriser une synthèse descriptive et éventuellement explicative au niveau des relations entre les divers paramètres.

La matrice utilisée pour l'analyse en composantes principales par un logiciel statistique STATISTICA© Version 6.0 pour Windows XP©, se compose de 10 variables pour l'année 2006, 13 variables pour 2007, 14 variables pour 2008 et 2009 pour les échantillons de surface et de fond qui sont les paramètres étudiés.

3.8.1. DONNEES 2006 :

Les valeurs propres obtenues à partir de l'ACP montrent que les 2 premiers facteurs représentent 41,38 % de la variance, où le facteur 1 est égal à 23,57% et 17,81% pour le facteur 2 (figure 25). Le facteur 1 met en évidence le phénomène de la production primaire où la consommation des sels nutritifs essentiellement les formes azotées (photosynthèse) est confirmé par l'opposition de la chlorophylle aux silicates et phosphates et le lien étroit entre l'oxygène dissous et la chlorophylle et par conséquent la sursaturation des eaux en oxygène dissous montré par le facteur 2 à 17,81% de variance.

Le facteur 2 met en évidence la dilution des eaux marines par l'oued du fait que la salinité oppose la majorité des paramètres (chlorophylle, MES, oxygène dissous).

On note l'absence des données sur les nitrates et les phéopigments ce qui nous empêche d'avoir des informations complètes sur cette période d'étude particulièrement sur le phénomène de la dégradation de la chlorophylle.

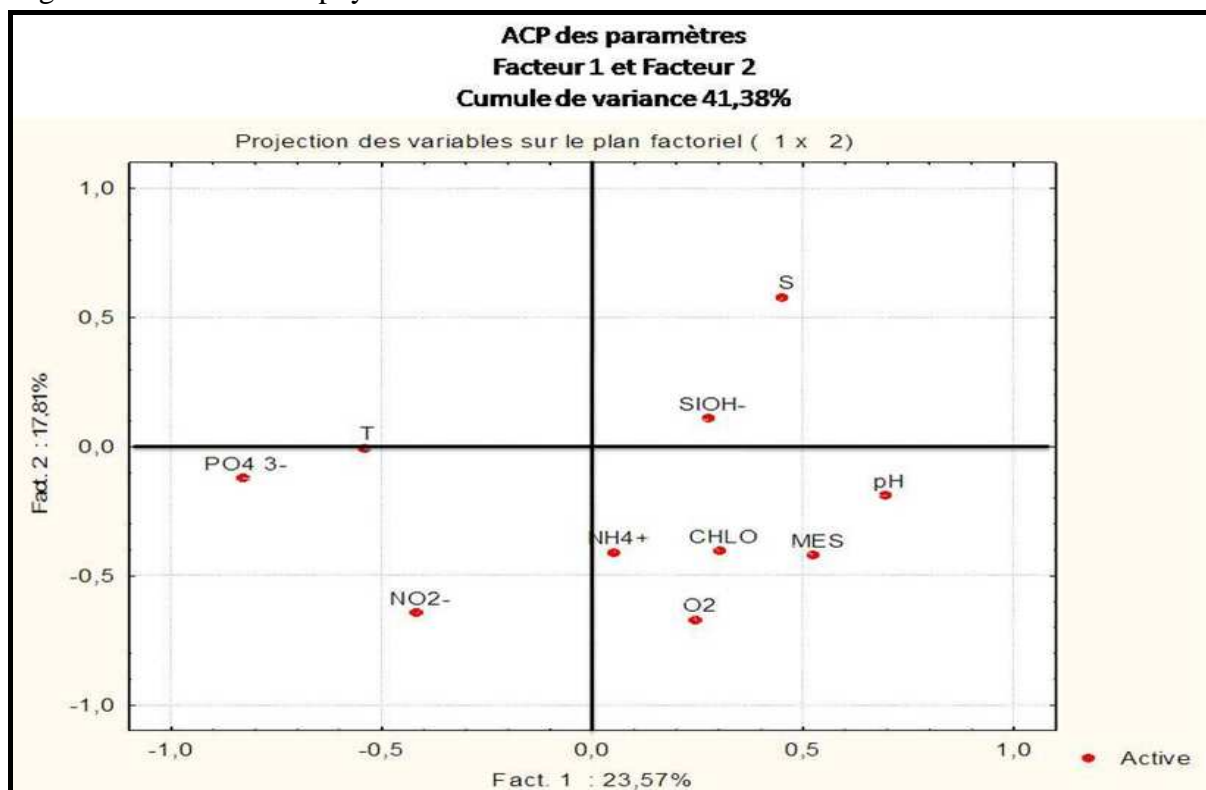


Figure 25. Projection des variables sur le plan factoriel (1, 2)

2.8.1 DONNEE 2007 :

La projection des paramètres sur le plan 1-2 cumule 38,44% de variance. On distingue de l'effet **GUTMAN** dans le graphique formant un fer à cheval ouvert à la partie droite indiquant le lien statistique linéaire et non linéaire entre les différentes variables étudiées.

Les valeurs propres obtenues par l'ACP montrent que les 2 premiers facteurs, où le facteur 1 est égal à 22,56% et 15,88% pour le facteur 2 (figure 26).

Le facteur 1 met en évidence la remise en suspension de la matière organique particulaire et matières en suspension par suite de la reminéralisation de celle-ci ce qui a permis l'augmentation des sels nutritifs dans la baie d'El Djamila, cela est confirmé par l'opposition des matières en suspension, matières inorganiques particulaires et matières organiques particulaires aux sels nutritifs sur le même facteur.

La relation étroite entre matières inorganiques particulaires, matières organiques particulaires et matières en suspension explique la source endogène de ces matières.

L'opposition des phosphates, silicates et nitrites par rapport à la salinité confirme la source anthropiques des ces espèces chimiques (phosphates, silicates, nitrites).

Le facteur 2 sur l'axe vertical de la figure 26, avec une contribution de 15,88 %, permet de mettre en évidence le phénomène de photosynthèse. La chlorophylle est en opposition sur l'axe aux sels nutritifs (silicates, ammonium, phosphates), ce qui permet d'expliquer une augmentation des concentrations de la chlorophylle et une baisse des concentrations des sels nutritifs, qui sont assimilés par le phytoplancton. La baisse des concentrations de la chlorophylle peut s'expliquer à son tour par le broutage du phytoplancton par zooplancton. Cela est confirmé par l'opposition de la chlorophylle par les produits de dégradation de la chlorophylle : les phéopigments.

A cela, la sous-saturation des eaux d'El Djamila est due d'une part à la diminution de la solubilité de l'oxygène figuré par la relation étroite de l'oxygène, température et salinité, et d'autre part à la demande chimique et biologique en oxygène (DCO et DBO).

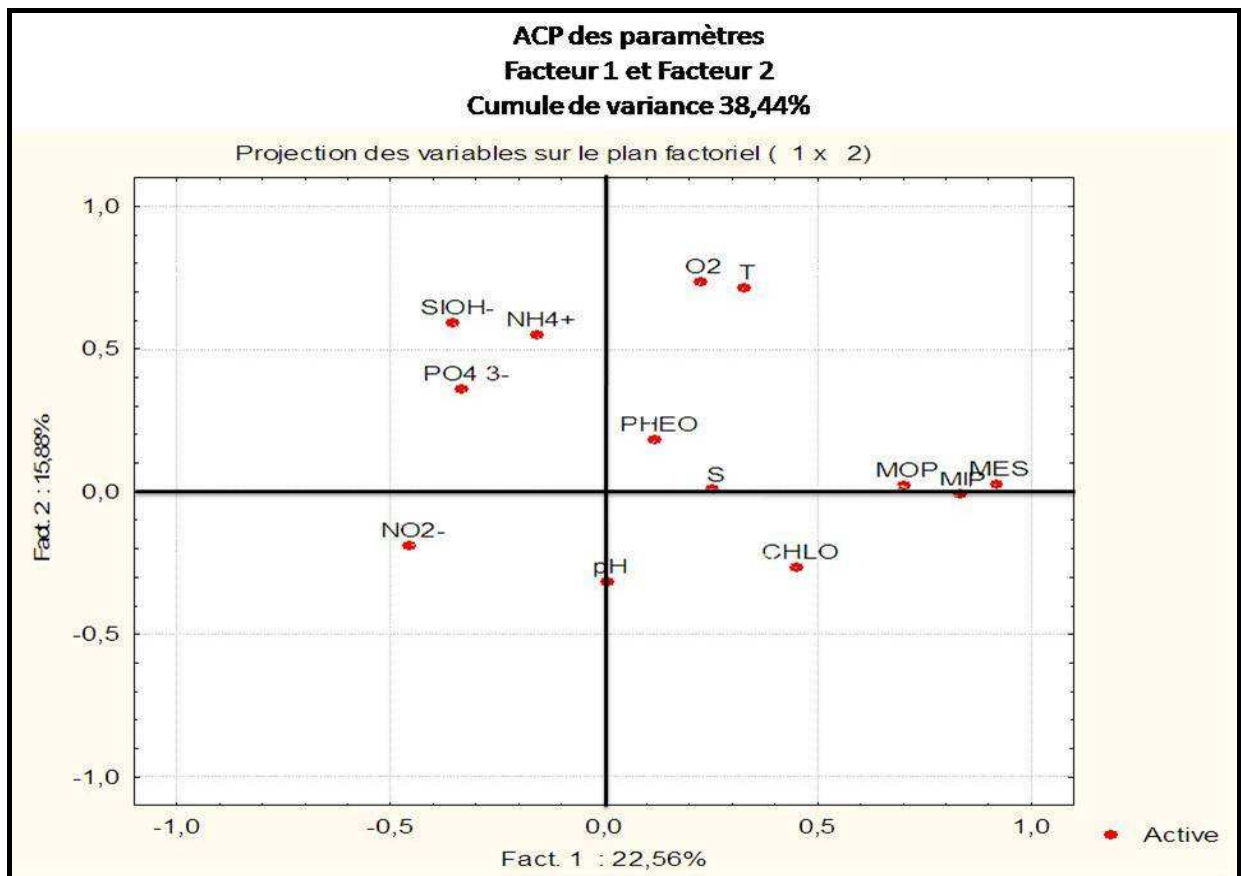


Figure 26. Projection des variables sur le plan factoriel (1, 2)

2.8.2 DONNEES 2008 :

Les valeurs propres montrent la présence de 2 facteurs avec un taux de 21,40% pour le facteur 1 et 15,72% pour le facteur 2 (figure 27).

Le facteur 1 nous indique sur la nitrification, elle est montrée d'une part par l'opposition de l'ammonium aux nitrates et d'autre part par l'opposition de l'oxygène aux nitrates ce qui indique oxydation de la matière organique, vue la sursaturation des eaux en oxygène dissous.

La dégradation de la chlorophylle par le broutage par le zooplancton est démontrée par l'opposition de la chlorophylle aux phéopigments.

Le facteur 2 précise la source de la production biologique locale et cela s'explique d'une part par l'opposition des matières en suspension et les matières organiques particulaires marines de la remise en suspension du sédiment et d'autre part par la relation étroite de la salinité et matières organiques particulaires.

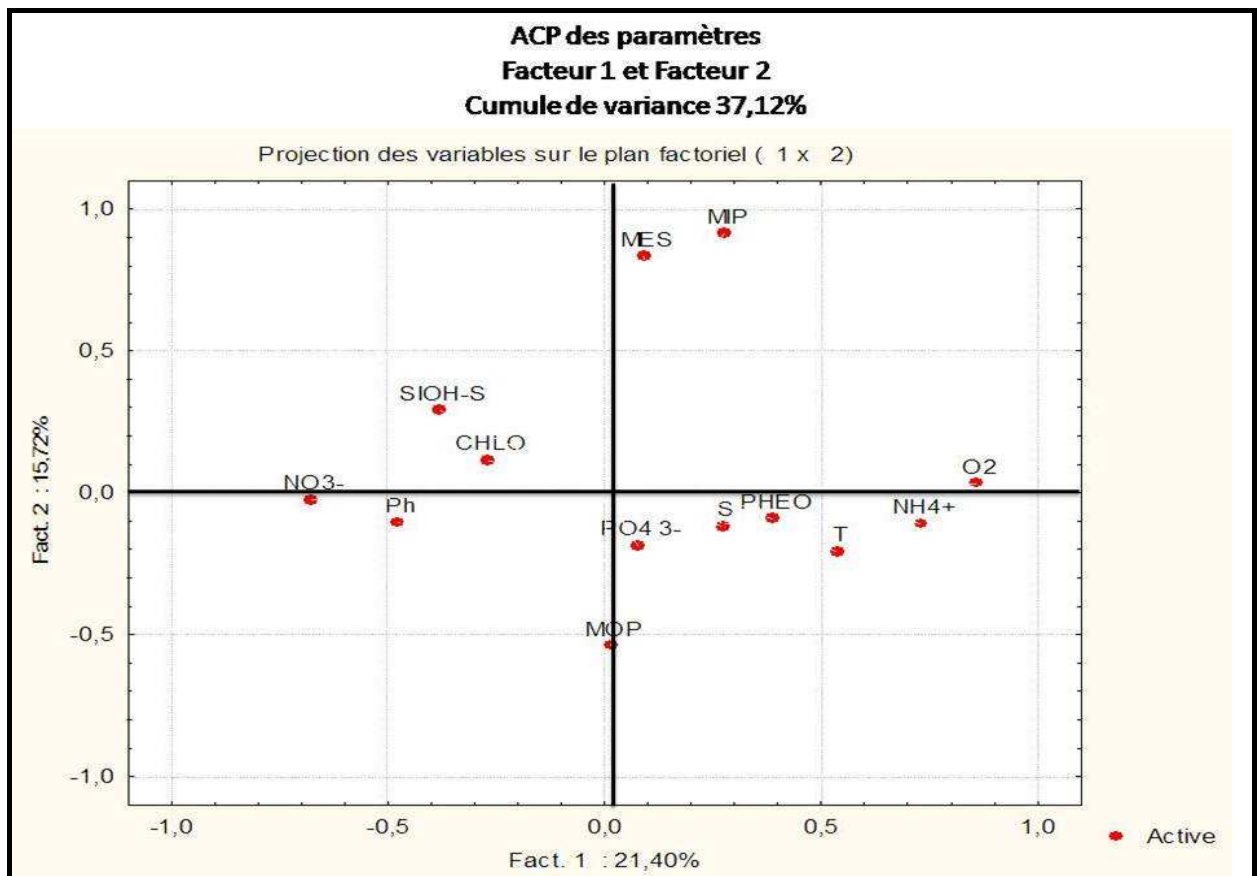


Figure 27. Projection des variables sur la plan factoriel (1,2)

2.8.3 DONNEES 2009 :

Les valeurs propres montrent la présence de 2 facteurs accumulent 38,84% de variance des valeurs propres avec un taux élevé pour le facteur 1 20,30% et 18,54% pour le facteur 2. (Figure 28) ; Facteur 1 met en évidence l'apport eau d'origine continental (Oued Béni Messous) confirmé par l'opposition de la salinité, pH et l'oxygène dissous aux matières en suspension (MES), matières organiques particulaires (MOP) et matières inorganiques particulaires (MIP). Les matières en suspension sont composées de particules organiques et inorganiques inertes issues des déchets domestiques portés par l'oued. En outre on remarque l'opposition des matières en suspension, matières inorganiques particulaires et matières organiques particulaires par rapport à l'oxygène dissous cela explique la reminéralisation de ces dernières par la consommation de l'oxygène. Comme on déduit l'apport de la chlorophylle d'origine continentale charriée en mer après sa dégradation ce qui est prouvé par l'opposition des matières organiques aux phéopigments. La présence des phosphates et des nitrates dans la baie d'El Djamil est expliquée par le relargage de sédiments ce qui démontre la source endogènes de ces espèces chimiques.

Facteur 2 avec 18,54% de variance nous renseigne met sur l'apport eau d'origine continental. Pour la confirmation de cette l'explication citée pour le facteur 1 on observe l'opposition de la salinité aux sels nutritifs (silicates, nitrites, l'ammonium) d'origine continentales. Une relation étroite entre la chlorophylle et phéopigments explique la dégradation de phytoplancton d'origine marin.

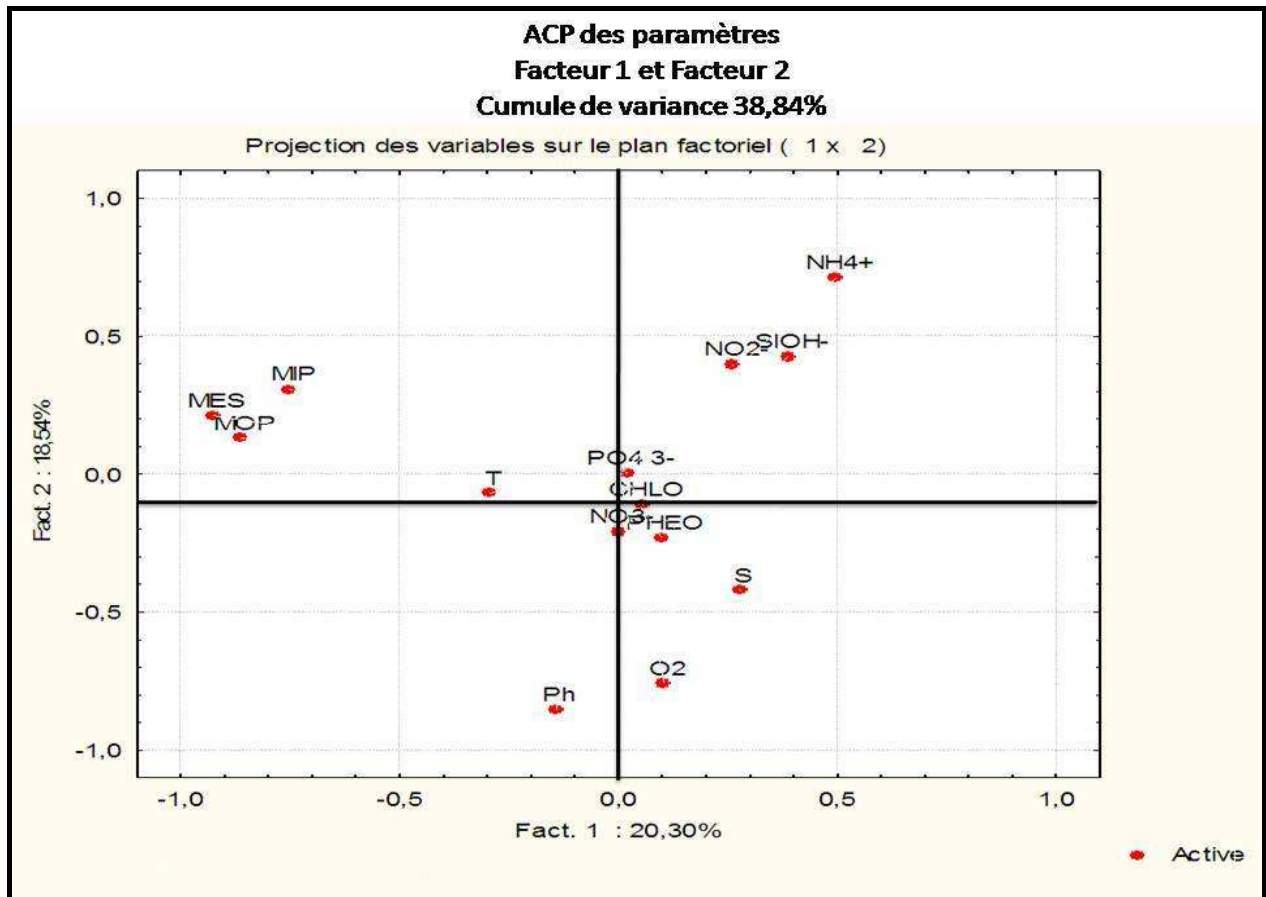


Figure 28. Projection des variables sur le plan factoriel (1, 2)

2.8.4 COMPARAISON DES DONNEES 2006-2009

D'après les données obtenues par les différentes analyses en composantes principales des quatre années d'observations sur la baie d'El Djamilia, on a relevé une sursaturation en oxygène dissous en 2006 et 2008, et une sous-saturation en oxygène en 2007 et 2009 des eaux de la baie. Ce phénomène de la solubilité de l'oxygène est lié d'une part aux variations de la température, la salinité et la photosynthèse, et d'autre part par la dégradation de la matière organique, qui a une origine marine et continentale (reminéralisation de la matière organique) et les différents modes de consommation de cette matière organique.

Selon **CUGIER (1999)**, la matière organique, provenant des apports se dégrade en consommant de l'oxygène. Cela est confirmé par **AMINOT et KEROUEL, (2004)**, où le terme « oxygène dissous », d'usage courant, se réfère à la molécule de dioxygène O_2 en solution dans l'eau. La teneur en oxygène moléculaire dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques.

En parallèle, les phénomènes de nitrification (2006, 2008). Selon **SIGG et al., (2000)** ce phénomène s'effectue par des bactéries dans l'eau. L'oxydation de NH_4^+ est réalisée par des bactéries du genre *nitrozomonas* celle de NO_2^- en NO_3^- par *nitrobacter* et de dénitrification (2007, 2009) qui est la réduction des nitrates en ammonium où la matière organique peut réduire NO_3^- sous l'effet des bactéries.

Ces deux réactions sont contrôlées par le taux d'oxygénation et le débit de la charge organique par l'oued (Béni Messous), selon **LEFEBVRE et CABOCHE (2008)**, ce sont les processus biologiques qui ont généralement une influence prépondérante sur les concentrations en oxygène dans l'eau. Ainsi, dans les estuaires, des zones d'accumulation de débris carbonés en décomposition peuvent devenir totalement anoxiques ; la nitrification de l'azote ammoniacal est également une source importante de déficits en oxygène.

L'évolution annuelle des concentrations en sels nutritifs est variable selon la régénération bactérienne, la remise en suspension in situ et l'apport de l'oued. Il faut cependant noter les concentrations relativement élevées de l'ammonium (2007,2009) qui est dus aux débris d'animaux.

REDFIELD et al., (1967) constatent que les éléments nutritifs sont incorporés lors de la photosynthèse en proportions atomiques fixées dans la biomasse du phytoplancton, cette incorporation conduit à des variations spatiales et temporelles des concentrations des éléments nutritifs.

Comme, on remarque aussi la dilution des eaux marine due aux apports d'eau douce continentale (prêt de l'embouchure d'oued Béni Messous).

CONCLUSION

Cette étude préliminaire réalisée au niveau de la baie d'El Djamila, nous a permis, dans un premier temps, de maîtriser les techniques utilisées pour le dosage des paramètres physico-chimique dans la matrice d'eau, dans un deuxième temps, et d'avoir une idée générale sur l'état de la pollution marine dans la baie et d'étudier l'impact d'oued Béni Messous sur celle-ci. Pour qu'elle serve de base de données pour le suivi.

La baie d'El Djamila est un milieu ouvert au large caractérisée, par des vents dominants de secteur Ouest et Nord Ouest en période hivernale et de secteur Est et Nord Est en période estivale, et par un réseau hydrologique influencé par le oued Béni Messous qui pris naissance dans le massif de Bouzeréah et qui ramène des apports continentaux.

Afin de pouvoir diagnostiquer l'impact de l'oued sur la baie, nous avons effectué des analyses physico-chimiques de l'eau.

L'analyse de l'eau de la baie montre une homogénéité du potentiel d'hydrogène mise à part la station portuaire. Tandis que la salinité montre un écart de 1 psu due au phénomène de dilution.

Les teneurs en matières en suspension sont relativement importantes avec une prédominance de la matière organique, essentiellement au niveau de l'embouchure de l'Oued.

Les teneurs en sels nutritifs sont relativement faibles qui montre en parallèle une importante production primaire qui par la suite est consommée par le zooplancton.

Les teneurs en oxygène dissous sont faible, ce qui caractérise la sous saturation des eaux.

L'analyse en composante principale met en évidence l'influence de l'oued Béni Messous sur les eaux de la baie d'El Djamila.

A la lumière des résultats obtenus, il ressort que l'impact l'oued Béni Messous étudié dans la baie d'El Djamila n'atteint pas encore des limites alarmantes.

Pour mettre un terme à cet impact, à plusieurs facettes, de notre espace côtier, un ensemble de mesures doivent être prises. Il semble d'abord nécessaire, voir primordial, que toute stratégie nationale de développement économique et social intègre dans ces objectifs la protection de l'environnement en général et la protection de l'espace côtier en particulier. C'est la notion même de développement durable qui doit être privilégiée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFRI, R., 1991.** Etang de benne, qualité des eaux, hydrologie, matériel particulaire et plancton, rapport de convention, 25 pages.
- AMINOT, A. et CHAUSSEPIED, M., (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, *Centre National pour l'Exploitation des Océans*.395 pages.
- AMINOT, A. et KEROUEL, R., (1978).** Premiers résultats sur l'hydrologie, l'oxygène dissous et les pigments photosynthétiques en manche occidentale après l'échouage de l'AMOCA CADIZ". Brest, France, Journée spéciale "AMOCO CADIZ", Brest, France, 7 Juin 1978. *Publications du C.N.E.X.O. Série "Actes de Colloques "*, 6 : 51-68.
- AMINOT, A. et KEROUEL, R., (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins, Paramètres et analyses. *IFREMER*(Brest).305 pages.
- BARNABE et BARNABE-QUET, (1997) ;** Ecologie et aménagement des zones côtières. *Lavoisier* (Paris), 391 pages.
- BOUCHENA, Y., (2006).** Contribution à l'étude d'un milieu d'élevage conchylicole : cas de Ain Tagourait (W . Tipaza). memoire d'ingénieur d'état en sciences de la mer , option : aquaculture. *ISMAL*(Alger), 54 pages.
- BOUDOUMA, N. et CHENENNOU S., (2007).** Analyse des eaux côtières pour la mise en place d'un élevage aquacole (Capacité biotique) ; mémoire d'ingénieur en sciences de la mer option : Aquaculture, *ISMAL*(Alger), 54 pages.
- BOUZID, L. et NEHAD, M., (2006).** Reconnaissance bathymétrique de la baie d'El Djamila à partir des données satellitaires. *ISMAL* (Alger), 57 pages.
- COPIN-MONTEGUT, G., (1996).** Chimie de l'eau de mer. *institut océanographique*, (Paris) 319 pages.
- CUGIER, P., (1999).** Modélisation du devenir à moyen terme dans l'eau et le sédiment des éléments majeurs (N, P, Si) rejetés par la Seine en Baie de Seine. *IFREMER (Brest)* 256 pages.
- FAREED, A., KHAN et ABD ALI ANSAR., (2005).** Eutrophication: An Ecological Vision. *The Botanical Review*, 71(4): 449-482
- FAURY, N., RAZET, D., SOLECHNIK, P., GOULLETQUER, P., RA TISKOL, J. et GARNIER, J., (1999).** Hydrologie du bassin de Marennes Oléron. Analyse de la base de données « RAZLEC » 1977-1995. *IFREMER*(Brest), 52 pages.

- FRONTIER, S., PICHOD-VIALE, D., LEPRETRE, A., DAVOULT, D., LUCZACT, C., (2004).** Ecosystèmes (structure, fonctionnement, évolution). *DUNOD*, (PARIS), 549 pages.
- GAUJOUS, D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques. *Collection TEC & DOC*. (Paris), 217 pages.
- GRUENDLING, K. et MALANCHUK, J. (1974).** Seasonal and Spatial Distribution of Phosphates, Nitrates, and Silicates in Lake Champlain, *Hydrobiologia* vol.45, 4: 405-421.
- GUIBOUT, P., (1987).** Atlas hydrologique de la Méditerranée. *IFREMER*(Brest), 150 pages.
- HAOUA, M. et LALAOUI, A., (2006).** Analyse corrélative des paramètres physico-chimiques indicateurs de la pollution aquatique dans la zone Est de Sidi Fredj (port et plage), mémoire de fin d'étude de diplôme d'études universitaires appliqués, *ISMAL(Alger)*, 46 pages.
- HÉRAL, M., HÉRAL, M., RAZE, D., DESLOUS-PAOL, J.M., BERTHOMÉ, J.P et GARNIER, J., (1983).** Caractéristiques saisonnières de l'hydrobiologie du complexe estuarien de Marennes-Oléron, *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 46 (2) : 97-119.
- JACQUES, G., TREGUER, P., (1986).** Ecosystèmes pélagiques marins. *MASSON*(PARIS), 243 pages.
- KOSHY, K., ADEEL, Z., LAL, M. et MATAKI, M., (2006).** Impacts of pollutants in the asia-pacific region. *N. Harvey , Global Change and Integrated Coastal Management*, 231–276.
- LACAZE, J. C., (1996).** L'eutrophisation des eaux marines et continentales., *Ellipses* (Paris), 191 pages.
- LEFEBVRE, A. ET CABOCHE, J., (2008).** Suivi régional des nutriments sur le littoral nord – pas de calais Picardie. *IFREMER* (Brest), 190 pages.
- LEFNAOUI, S. et OUALI. D., (2008).** Analyse des eaux cotière de la baie de Bou-Ismaïl pour la mise en place de la ferme aquacole; mémoire d'ingénieur en sciences de la mer option : Aquaculture, *ISMAL* (Alger), 50 pages.
- LEVEQUE C., (1996).** Ecosystèmes aquatiques. Les fondamentaux. *Hachette*(Paris) 159 pages.
- LOURGUIOUI, H., (2006).** Etude des potentialités aquacoles du barrage de Boukourdane (wilaya de Tipaza), mémoire de magister en « Environnement et écosystèmes littoraux », option aquaculture, *ISMAL*(Alger). 84 pages.
- MERCERON, M. et LE BOZEC, G., (1999).** Motivations et présentation du programme « Bassins versants et transmission des pollutions au littoral ». *IFREMER*(Brest). 6pages.
- OFFICE NATIONALE DE METEOROLOGIE, (2003).** Alger.

- PERKINS, E.J., (1974).** The biology of estuaries and coastal waters. Department of biology, university of strathclyde, Scotland, *academic press INC(London) LTD*, 678 pages.
- RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J.P., CHAMBON, P., CHAMPSAUR, H. et RODI, L., (2005).** L'analyse de l'eau - eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.: DUNOD(Paris).1383 pages.
- SHIRODKAR, MESQUITA, PRADHAN, VERLEKAR, BABU et ETHAMONY, (2008).** Factors controlling physicochemical characteristics in the coastal waters off Mangalore a multivariate approach, *Environmental Research* 109: 245-257.
- SIGG, L., BEHRA, P. et STRUMM, W., (2000).** Chimie des milieux aquatiques ; chimie des eaux naturelles et des interfaces de l'environnement, *DUNOD* (Paris), 567 pages.
- THOUZEAU, G, (1991).** Déterminisme du pré-recrutement de *Pecten maximus* (L.) en baie de Saint-Brieuc : processus régulateurs de l'abondance, de la survie et de la croissance des post-larves et juvéniles. *aquat. living resour.* 4 (1991) 77-99
- TRAVIS, S., ELSDON, MARTHE B.N.A. DE BRUIN, NOËL J. DIEPEN, BRONWYN, M., GILLANDERS (2009).** Extensive drought negates human influence on nutrients and water quality in estuaries, *Science of the Total Environment*, 407: 3033–3043.

Annexes

Les silicates

- **Les réactifs de dosage :**

- Acide sulfurique à 4,5 mol/l**

- Ajouter 250ml d'acide sulfurique (1,84 kg/l ; 98,2 g/mol ; 18mol/l) dans 750 ml d'eau distillée.

(Cette solution se conserve indéfiniment en flacon en plastique).

- Réactif 1 : solution acide de molybdate**

- Dissoudre 60 g de molybdate d'ammonium pour analyse dans 400 ml d'eau distillée.
 - Ajouter lentement la totalité de la solution de molybdate à 200 ml d'acide sulfurique 4,5 mol/l (On ne dilue pas l'acide dans la solution de molybdate, cette solution est stable pendant plusieurs mois à température ambiante dans un flacon de plastique et à l'abri de la lumière).

- Réactif 2 : solution d'acide oxalique**

- Dissoudre 10 g d'acide oxalique dans 100 ml d'eau distillée.

Cette solution est stable indéfiniment à température ambiante et se conserve dans un flacon en plastique.

- Réactif 3 : solution d'acide ascorbique**

- Dissoudre 2,8 g d'acide ascorbique dans 100 ml d'eau distillée.

(Cette solution se conserve au réfrigérateur plusieurs semaines)

Solution étalon de silicate à 5000 µmol/l

- Sécher l'hexafluorosilicate à 105°C pendant 1 heure.
- Dissoudre 0,9403g d'hexafluorosilicate dans un litre d'eau.
(1 ml contient 5µmol de silicates)

(Cette solution se conserve plusieurs années à température ambiante et à l'abri de la lumière).

Étalons à base d'hexafluorosilicate de sodium

- Introduire 1-2-5-10-20-50 ml de la solution étalon dans des fioles en plastique et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée soit une gamme de concentration de 10-20-50-100-200-500 µmole/l.
- Analyser les différentes solutions à 810 nm ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

Les nitrites

• Réactifs de dosage

Réactif 1 : solution de sulfanilamide

- 100 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 500 ml d'eau distillée.
- Dissoudre 10 g de sulfanilamide dans cette solution.
- Compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

(Cette solution est stable plusieurs mois à l'abri de la lumière).

Réactif 2 : solution N-Naphtyl éthylène diamine

- Dissoudre 1 g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl) _ éthylène diamine dans 1 litre d'eau distillée.

(Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière .la renouveler tous les mois ou des qu'il s'y développe une coloration brune).

Solution étalon primaire de nitrite à 5000 µmol/l

- Sécher à 100 °C pendant 1 heure le nitrite de sodium
- Introduire 0,345 g dans de l'eau distillée.

- Compléter à 1 litre.

(1 ml contient 5 μ mol de nitrite).

(Conserver à l'abri de la lumière et à température ambiante, cette solution est stable plusieurs mois)

Solution étalon secondaire de nitrite

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire soit 1ml d'étalon primaire dans 100 ml d'eau distillée.

(1ml contient 0,05 μ mol de N-NO₂). Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures.

Etalonnage

- Introduire dans des fiole jaugées de 500 ml de 1-2-5-10-20-50-100-250 ml la solution secondaire de nitrite et compléter avec de l'eau distillée afin d'obtenir al gamme de concentration de 0,1-0,2-0,5-1-2-5-10-25 μ mol/l.
- Analyser à 543nm les différentes solutions, ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

Les nitrates

- **Réactifs de préparation de la colonne :**

Cadmium en grain:

- Utiliser du cadmium en grain de taille d'environ 0.5 a 2mm.

Solution d'acide chlorhydrique :

- Diluer 50 ml d'acide chlorhydrique dans 250 ml d'eau distillée.

Solution d'acide nitrique :

- Diluer 10 ml d'acide nitrique dans 500 ml d'eau distillée.

Solution de sulfate de cuivre :

- Dissoudre 4g de sulfate de cuivre dans 200 ml d'eau distillée.

Solution de chlorure d'ammonium :

- Dissoudre 240 g de chlorure d'ammonium dans de l'eau distillée et compléter à 1 litre. (Cette solution se conserve indéfiniment à température ambiante).

Solution d'hydroxyde de sodium:

- Dissoudre 17 g de soude dans 1000 ml d'eau distillée.
- (Cette solution se conserve indéfiniment en flacon de plastique à température ambiante).

Solution tampon pH= 8.5 :

- Dans 500 ml d'eau distillée, ajouter 10 ml de solution de chlorure d'ammonium, puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium et mélanger.

(Conserver en flacon hermétiquement bouché).

• Préparation de la colonne réductrice de cadmium-cuivre :

Traitement du cadmium:

- Mettre 40 à 50 g de cadmium dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Laver le cadmium à l'acide chlorhydrique 2 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver rapidement avec l'acide nitrique 0.3 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver à nouveau avec l'acide chlorhydrique 2mol/l pour éliminer le nitrate résiduel et rincer abondamment à l'eau distillée.
- Vider le maximum d'eau et ajouter sans délai 150 ml de la solution de sulfate de cuivre sur le cadmium. Laisser en contact pendant plusieurs minutes en agitant légèrement de temps en temps: si la solution se décolore totalement, la renouveler.
- Laver ensuite abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'erlenmeyer, en évitant de mettre le cadmium traité au contact de l'air. Poursuivre ce lavage jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de fines particules en suspension.

Remplissage de la colonne et traitement du réducteur :

- Dans une colonne droite, mettre un peu de laine de verre au bas de la colonne.
- Remplir complètement la colonne de la solution tampon.
- Remplir d'eau distillée l'erlenmeyer contenant le cadmium traité et lui adapter le bouchon muni d'un tube de verre de sorte que l'eau remplisse le tube jusqu'à son extrémité.

- Retourner l'erlenmeyer sur la colonne, sans y faire entrer d'air, et faire tomber le cadmium petit à petit. Tapoter la colonne pour obtenir un tassement régulière. Le volume occupé par le réducteur doit être d'environ 12 mm.
- Laver abondamment le réducteur avec la solution tampon. Prendre garde à ne pas introduire d'air dans la colonne.
- Laisser alors le réducteur en milieu tampon pendant 24 à 48 h renouvelant plusieurs fois la solution.

Activation du réducteur :

- A 500 ml de tampon, ajouter 10 ml d'étalon de nitrate à 5000 $\mu\text{mol/l}$.
- Passer la solution sur la colonne, en réglant le débit.
- Rincer ensuite impérativement le réducteur avec la solution tampon.

- **Réactifs de dosage:**

Réactif 1 : solution de Sulfanilamide

- 100 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 500ml d'eau distillée.
- Dissoudre 10g de Sulfanilamide dans cette solution.
- Compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.
(Cette solution est stable plusieurs mois à l'abri de la lumière).

Réactif 2 : solution de N-(1-naphtyle)-éthylène diamine

- Dissoudre 19 de Dichlorohydrate de N-(1-naphtyle)-éthylène diamine dans 1 litre d'eau distillée.

(Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière. La renouveler tous les mois ou dès qu'il s'y développe une coloration brune).

- **Solutions étalons :**

Solution étalon primaire de nitrite à 5000 $\mu\text{mol/l}$

- Sécher à 100°C pendant 1 heure le nitrite de sodium.
- Introduire 0.345g dans de l'eau distillée.
- Compléter à 1 litre.
(1 ml contient 5 μmol de nitrite)

(Conserver à l'abri de la lumière et à température ambiante, renouveler cette solution tous les mois).

Solution étalon primaire de nitrate a 5000 μ mol/l

- Sécher du nitrate de potassium à 105°C pendant 1h.
- Dissoudre 0.506 g de nitrate de potassium pour 1 litre de solution préparée, avec de l'eau distillée. (1ml contient 5 μ mol de nitrate)

(Cette solution est stable au moins un an a temperature ambiante et a l'abri de la lumière dans un flacon en verre).

• Procédure de réduction et de dosage des étalons et des échantillons :

- Transférer les 100 ml d'échantillon dans un récipient pour l'ajout du tampon.
- Ajouter 2 ml de la solution de chlorure d'ammonium et mélanger.
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et mélanger.
- Passer l'échantillon sur la colonne avec débit.
- Avec les 30 premiers millilitres sortant de la colonne, rincer le récipient destiné au dosage.
- Recueillir ensuite 50 ml de l'effluent dans le récipient rincé.
- Doser le nitrite forme lors du passage de l'échantillon sur la colonne en appliquant strictement la procédure générale de dosage appliquée pour les nitrites.

L'ammonium

• Réactifs de dosage :

Réactif 1 : solution de phénol-nitroprussiate

- Introduire 65 g de phénol dans 800 ml d'eau distillée.
- Ajouter et dissoudre 1.5 g de Nitroprussiate de sodium et compléter à 1000 ml.

(Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière. Il n'est stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre).

Solution alcaline complexante

- Introduire 375g de citrate et 30 g de soude dans 800 ml d'eau distillée.
- Compléter à 1000 ml.

(Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon en plastique).

Reactif2 : solution complexante au chlore

- A la solution complexante, rajouter 8g/l de dichloroisocyanurate de sodium.
(Conservée au réfrigérateur, cette solution n'est utilisable qu'une semaine).

Solution étalon primaire d'ammonium

- Sécher 1h à 105°C le sulfate d'ammonium de pureté analytique et en dissoudre 0.661g dans 1000 ml d'eau distillée.
(1ml de solution étalon contient 10 μ mol d'ammonium).

(Cette solution est stable une année à température ambiante et à l'abri de la lumière).

Solution étalon secondaire d'ammonium

- Diluer 20 fois la solution étalon primaire de sulfate d'ammonium, soit 50 ml de la solution mère dans 1000 ml d'eau distillée.
(1 ml de la solution secondaire contient 0,5 μ mol d'ammonium).
(Cette solution est stable une journée).

- **Etalonnage**

- Introduire 0.5-1-2.5-5-10-25-50-100-250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500ml avec l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de 0.5-1-2.5-5-10-25-50 100-250 μ mole/l.
- Analyser à 630nm les différentes solutions ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

Les phosphates

- **Réactifs de dosage:**

Acide sulfurique 2.9 mol/l

- Ajouter 160 ml d'acide sulfurique (1.84 kg/l ; M=98,2 g/mol ; 18 mol/l) dans 800 ml d'eau distillée.

(Cette solution se conserve indéfiniment).

Réactif 1 : solution acide d'acide ascorbique

- Dissoudre 5g d'acide ascorbique dans 100 ml d'acide sulfurique 2.9 mol/l.

(Cette solution est stable quelques semaines au réfrigérateur, la renouveler si elle bruni.)

Réactif 2 : solution acide de molybdène et d'antimoine

- Dissoudre 13g de molybdène d'ammonium dans 450 ml d'acide sulfurique 2.9 mol/l.
- Dissoudre 0.3g d'Oxytartrate d'antimoine dans 50 ml d'eau distillée et l'ajouter à la solution de molybdène d'ammonium et mélanger.

(Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante).

Solution de thiosulfate

- Dissoudre 2.4 g de thiosulfate dans 100 ml d'eau distillée.

(Conserver cette solution en flacon de verre au réfrigérateur et la renouveler toutes les deux semaines).

Solution étalon concentrée de phosphate à 5000 µmol/l

- Sécher du Dihydrogenophosphate de potassium à 105°C pendant 1heure.
- Peser et dissoudre 0.6805 g pour 1000 ml d'eau distillée.
- Transférer la solution dans un flacon en verre ou en plastique.

(1 ml contient 5 µmol de phosphate).

(Cette solution se conserve plus d'un an à température ambiante et à l'abri de la lumière).

Solution étalon diluée de phosphate à 50 µmol/l

- Diluer 100 fois la solution étalon concentrée, soit 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée.

(1 ml contient 0.05 µmol de phosphate).

(Cette solution se conserve quelques jours au réfrigérateur).

- **Etalonnage**

- Introduire 0.5-1-2.5-5-10-25-50-100-250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de 0.5-1-2.5-5-10-25-50-100-250 $\mu\text{mol/l}$.
- Analyser à 880 nm les différentes solutions, ainsi que l'eau distillée, l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon et les réactifs.