Comparaison des résultats obtenus pour les hydrocarbures

L'analyse des résultats obtenus lors de l'évaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda, fait ressortir une évolution spatio-temporelle des paramètres chimiques, micro biologiques et organique dans les eaux superficielles du littoral marin ainsi que des teneurs en 9 métaux lourds dans le sédiment superficiel.

Hormis le suivi sanitaire de la qualité micro biologique des eaux de mer ; à savoir les concentrations en coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux, effectué par le secteur de la santé, aucun autre type de suivi n'est établi au niveau de la région de Skikda notamment pour les métaux lourds et les hydrocarbures.

Les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques des eaux superficielles du littoral de Skikda effectué durant une période de 10 mois nous permettent de constater que les valeurs maximales sont caractérisées par une variabilité spatiale en fonction du paramètre considéré.

Pour la température, la valeur maximale est obtenue au niveau du site 17 (point chaud) au mois de mai ce qui s'explique par le fait que la température ambiante au cours de la journée ou a été fait le dosage était particulièrement élevée. Cependant, la valeur minimale a été également enregistrée au mois de mai au niveau du site 19 ce qui est probablement due au fait que les masses d'eau plus froides, donc plus légères remontent vers la surface en plus du fait que ce site est plus ouvert aux intrusions du large du bassin Méditerranéen.

Néanmoins, l'évolution mensuelle des températures pour chaque site est conforme à celle enregistrée dans la même région (ROUIDI, 2002) ainsi que dans d'autres sites de la méditerranée, notamment dans la baie de Annaba (BOUHAYENE, 2002 et OUNISSI *et al.*, 1998) et de Port-Cros en France (AUGIER *et al.*, 1980). Les valeurs obtenues sont saisonnières et également en conformité avec celles enregistrées en périodes ultérieures, notamment pour l'ancien port de Skikda (S18) et les sites avoisinants (LEM, 1998).

Au niveau des sites 12, 13 et 14 représentant 3 rejets potentiels industriels, les températures enregistrées tout au long de la période de l'étude sont en dessous de la valeur limite (30°C) mettant ainsi en évidence la conformité de ces rejets avec les normes et la réglementation en vigueur.

La variabilité spatio-temporelle du pH est relativement faible. Cependant, toutes les valeurs enregistrées dépassent la valeur limite inférieure ce qui nécessiterait un suivi. Mais ces mêmes valeurs demeurent conformes à celles enregistrées dans la même région (LEM, 1998 ; ROUIDI, 2002) avec un dépassement de la valeur limite supérieure, pour le site 12 aux mois de mars et d'octobre, et tout au long de la période de l'étude pour le site 13, cette tendance basique trouverait probablement son explication dans la concentration et le type de produits chimiques rejeté, notamment pour le site 13 (industrie pétrochimique) et ceci met en évidence une non-conformité totale pour le complexe CP1/K de ces rejets d'effluents avec la réglementation en vigueur.

Les valeurs de salinité obtenues sont compatibles avec les moyennes observées en mer Méditerranée et avec celles mesurées habituellement sur les côtes algériennes (OUNISSI et FREHI, 1999 ; BOUHAYENE, 2002).

Les valeurs maximales pour l'oxygène dissout sont obtenues durant la saison du printemps et de l'automne et ceci s'explique par une activité photosynthétique intense du phytoplancton caractéristique en ces périodes de l'année. Les taux de saturations enregistrés sont conformes à ceux obtenus pour la même région au cours d'autres suivis (HAMIDI, 1997) et leur conformité aux normes réglementaire est également mise en évidence.

De même, les valeurs enregistrées pour la conductivité électrique et le potentiel REDOX sont conformes aux résultats obtenus durant d'autres études (HAMIDI, 1997 ; LEM ; 1998).

Le tableau 13 nous permet d'établir une comparaison entre les résultats obtenus au cours de notre étude (pour la température, la salinité, la conductivité électrique et le pH) pour 4 sites avec ceux de différents auteurs.

Tableau. 13 : Comparaison des résultats obtenus (Physico-chimiques) avec ceux de différents auteurs.

	Température (°C)	Salinité (‰)	Conductivité (µs/cm)	pH	Références
Ancien port	23.15	32.97	43.79	5.71	LEM (1998)
	26.99	42.67	23.67	8.09	GUEDDAH (2003)
Port de pêche	26.30	39.60	28.90	8.14	HAMIDI (1997)
	26.04	40.82	26.08	8.05	GUEDDAH (2003)
PL. Mollo	26.28	39.80	30.62	8.04	HAMIDI (1997)
	27.76	40.24	24.79	8.03	GUEDDAH (2003)
O. Safsaf	28.58	39.00	27.42	8.16	HAMIDI (1997)
	27.72	39.94	26.09	8.10	GUEDDAH (2003)
R. CP1/K	27.02	39.20	26.42	8.44	HAMIDI (1997)
	26.99	40.39	26.53	9.06	GUEDDAH (2003)

Pour l'ancien port (site 18), une nette évolution est marquée pour les 4 paramètres considérés. Ainsi, comparées aux résultats du LEM (1998), les valeurs de la température, de la salinité et du pH obtenues au cours de notre étude sont relativement élevées. Ces facteurs étant interdépendants, cette élévation trouverait probablement son explication dans le réchauffement de la terre. Cependant, nous notons une légère baisse de la conductivité électrique qui traduit une baisse de la matière en suspension.

Pour le port de pêche (site 21), les valeurs des 4 paramètres obtenues sont conformes à celles de HAMIDI (1997) avec cependant, une légère baisse de la conductivité électrique.

Pour la plage Mollo (site 22), l'Oued Safsaf (site 16) et le rejet du CP1/K (site 13), les résultats obtenus sont également comparables à ceux de HAMIDI (1997), exception faite pour le pH du rejet du CP1/K où l'on constate une élévation du pH qui pourrait s'expliquer par la nature chimique du rejet lui-même.

Les résultats obtenus lors du suivi de la flore microbienne nous ont permis de mettre en évidence une prédominance des coliformes totaux, suivis des streptocoques fécaux et enfin des coliformes fécaux. Cependant, d'un point de vue spatiale, nous avons pu constater une forte concentration de la flore microbienne au niveau de la commune de Skikda, suivie

de la commune de Stora et de Ben Mhidi par ordre décroissant. Ceci trouverait probablement son explication dans la concentration des points de rejets dans la zone.

Des concentrations faibles en germes (inférieures aux valeurs guides) sont enregistrées pour toutes les stations considérées au niveau des communes de Filfila et de Ain Zouit, indiquant ainsi que les eaux marines de ces zones sont de bonne qualité bactériologique. Ces concentrations sont conformes à celle obtenues pour les mêmes zones au cours de suivis ultérieurs (HAMIDI, 1997).

Pour la commune de Ben Mhidi, les concentrations observées étant en deçà de la valeur guide (500 CT/100ml) pour les sites 6, 10 et 11. Ce qui est en conformité avec les résultats obtenus antérieurement (HAMIDI, 1997).

Au niveau du site 7 (PL. Ben Mhidi Poste4), les concentrations observées étant comprises entre la valeur guide et la valeur limite durant la saison estivale nécessitent une surveillance continue, d'autant plus qu'au mois de juillet on a pu observer une concentration dépassant la valeur limite. De même pour le site 9 (PL. Ben Mhidi poste2) les concentrations observées sont comprises entre la valeur guide et la valeur limite, et ce à partir du mois de mars et s'étalent jusqu'à octobre. Ces concentrations sont proportionnelles à l'élévation de la température.

Au niveau du site 8 (PL. Ben Mhidi poste 3), une surveillance continue s'impose du fait que les concentrations observées sont assez variables tout en étant comprises entre la valeur guide et la valeur limite avec un pic en juillet dont la concentration dépasse la valeur limite.

Au niveau de la commune de Skikda, les concentrations assez élevées observées pour le site 14 (Rejet GL1/K) nous indiquent que ce rejet est un apport potentiel en flore microbienne. Ce qui nécessite un suivi continue et vigilant. De même pour l'Oued Safsaf (site 16) et le point chaud (site 17) où l'on observe d'assez fortes concentrations pour devoir mettre en place une surveillance continue, d'autant plus que le site 16 est en contact direct avec les eaux littorales.

Pour les sites 12, 19 et 20, des concentrations relativement élevées sont observées en saison estivale s'expliquant par l'élévation de la température.

Au niveau de la Commune de Stora, les concentrations moyennes enregistrées sont au-delà de la limite supérieure indiquant un rejet significatif d'égout.

L'analyse des concentrations en coliformes fécaux laisse apparaître que les valeurs les plus élevées et celles dépassant la valeur limite sont enregistrées dans la commune de Skikda au niveau des sites 16 et 17. Ce qui nous confirme que la qualité bactériologique de ces 2 sites est mauvaise, nécessitant ainsi une surveillance et un suivi des plus vigilants. Cependant, il faut noter que les valeurs les plus élevées sont enregistrées en octobre, ce qui pourrait être expliqué par l'effet des précipitations importantes enregistrées durant ce mois. En effet, les travaux de MERABTINE (1998) montre qu'une prédominance des germes fécaux est marquée en période estivale avec des maxima en automne.

Une surveillance continue doit être également mise en place pour les sites 8 et 21, du fait que les valeurs moyennes observées sont comprises entre la valeur guide et la valeur

limite. Ce qui, dans ce cas aussi nous permet de constater une présence d'un rejet significatif d'égout.

L'analyse des résultats obtenus pour les streptocoques fécaux nous a permis de mettre en évidence que les eaux superficielles de la commune de Filfila et de Ain Zouit sont de bonne qualité bactériologique. Confirmant ainsi les résultats obtenus pour les coliformes totaux et fécaux.

Pour les sites 16, 17, 13 et 14 une surveillance est plus que nécessaire du fait du dépassement de la valeur guide quasiment tout au long de la période de l'étude. Indiquant des rejets significatifs d'égouts. En effet, le site 16 (Oued Safsaf) draine les eaux usées domestiques de diverses agglomérations et le site 17 (point chaud) étant le premier récepteur des eaux de l'oued Safsaf est par conséquent caractérisé par une charge bactérienne assez élevée.

Le site 13 (Rejet CP1/K) et 14 (Rejet GL1/K) sont caractérisés par une charge bactérienne élevée du fait que ces deux rejets (industriels) drainent les eaux usées domestiques en même temps que les eaux résiduaires industrielles à travers le canal de rejet.

Le site 21 également nécessite une surveillance continue du fait du dépassement permanent de la valeur guide par les concentrations enregistrées. Ce site étant récepteur de rejets urbains, ces concentrations élevées sont donc expliquées.

Pour le site 22 et 23, le pic enregistré en juillet dépassant la valeur limite peut être expliqué par un rejet ponctuel et ce, notamment par la présence intensifiée des estivants en cette période de l'année et ceci confirme les travaux de MERABTINE (1998).

Avec une valeur moyenne de 7.48, l'indice de Bourgeois (1980) est supérieur à 1 au niveau de la commune de Skikda indiquant ainsi que la contamination bactérienne est principalement d'origine humaine. En effet, cette commune reçoit divers rejets urbains de la ville sans aucun traitement. En fait, les valeurs réelles de l'indice de Bourgeois ne dépassent la valeur guide (1) qu'au niveau des sites 16 et 17, où la charge bactérienne est assez élevée, étant ainsi d'origine humaine principalement, ce qui trouverait son explication dans le fait que ces deux sites sont récepteurs d'eaux résiduaires de diverses agglomérations, sinon la plupart. Tout en sachant que ces eaux usées sont rejetées sans aucun traitement préalable. L'origine de la contamination au niveau des autres communes est animale s'expliquant par la spécificité des activités à vocation agricoles en la plus part de ces régions.

L'analyse des résultats obtenus lors du suivi de l'évolution spatio-temporelle des hydrocarbures totaux nous a permis de mettre en évidence une nette conformité avec les normes en vigueur, notamment pour les 2 rejets industriels du GL1/K et du CP1/K. Cependant, le site 12 (Rejet RA/1K) caractérisé par des concentrations élevées dépassant la valeur limite est non conformes à la réglementation en vigueur, notamment le décret exécutif n° 93-160 fixant la teneur limite en hydrocarbures totaux à 20mg/l, exception faite pour le mois de juillet qui est expliquée par l'arrêt annuel de l'usine de raffinage en ce mois et donc l'absence de rejets potentiels.

Tous les autres sites sont conformes aux normes, bien qu'au niveau du site de référence (S1) un pic est marqué au mois de juillet pouvant trouver son explication dans d'éventuels rejets occasionnés par le transport maritime caractérisé par son intensité en cette période de l'année, mais cette valeur demeure en dessous de la valeur limite.

L'absence de dépassement au niveau des ports de Skikda indique une vigilance certaine de l'autorité portuaire.

Ceci étant les concentrations obtenues sont conformes à celles enregistrées par le LEM (1998) comme il apparaît à travers le tableau 14.

Tableau. 14 : Comparaison des résultats obtenus pour les hydrocarbures avec ceux de différents auteurs.

Ports de Skikda	Hydrocarbures totaux (mg/l)	Références
Ancien port	1.48	LEM (1998)
Port de pêche	3.91	
Nouveau port	33.35	ROUIDI (2002)
Ancien port	1.74	GUEDDAH (2003)
Port de pêche	2.07	
Nouveau port	1.82	
Norme algérienne	20	J.O. N° 46 (Juillet, 1993)

L'étude comparative du tableau ci-dessus nous permet de constater que les concentrations observées au cours de notre étude sont comparables à celles observées par le LEM (1998). Cependant, pour le nouveau port de Skikda, les valeurs enregistrées sont largement inférieures à celle observées par ROUIDI (2002) et ceci pourrait probablement être expliqué par le fait que l'Entreprise Portuaire de Skikda a pu mettre en œuvre des mesures de prévention très stricte tout en appliquant des mesures répressives.

Par ailleurs, en février 2003, les vents qui ont soufflé du secteur Nord-Ouest lors du naufrage du « Cougar » au large de Tipasa ont drainé les 250T de fioul et les 400 L d'huiles à moteur du navire vers les côtes algéroises. Celles-ci n'ont pas tardé à se manifester du coté des plages de Palm Beach et Azur.

Le spectre d'une catastrophe écologique a menacé les côtes de Skikda suite à l'échouage de 3 pétroliers dont 2 (Alliance Spirit et Valbruna) sont restés ensablés plus de 15 jours à moins de 400m du rivage. Avec 1500T de fioul, 85T de gasoil et 61890L de lubrifiants, l'Alliance Spirit a suscité une grande crainte, d'autant plus qu'une fissure de 15 m est apparue.

Une catastrophe telle que celle du prestige (2002) aurait eu des conséquences dramatiques si elle s'était produite dans une mer fermée tel que la Méditerranée. Et pourtant, s'ajoutant à des catastrophes écologiques et économiques d'une telle ampleur, les pollutions volontaires par hydrocarbures, appelées communément dégazage, représentent également un volume inquiétant.

La pollution volontaire par rejet d'huiles de vidange et résidus de fioul ou « Sludges » en Méditerranée est comprise entre 0.7 et 1.5 millions de tonnes chaque année, soit une moyenne de 1 million de tonnes (WWF ; 2000) , ce qui représente l'équivalent de :

- 1 naufrage de l'Erika/ Semaine
- 280 rejets illicites/ Jour de 10T en moyenne, soit 2800T/Jour
- 100 000 rejets par an

Selon NOEMIE *et al.* (2003), 15% du pétrole brut s'évapore dans l'atmosphère, 16% se dispose dans l'eau, 22% est bio-dégradé, 3% s'agglomère en haute mer, 15% s'échoue sur les côtes et 28% non dégradé pénètre dans le sédiment.

La dégradation des « Sludges » est quant à elle bien moins connue mais les composants des huiles de synthèses se dégradent beaucoup plus lentement dans le milieu naturel, s'accumulent au long des chaînes alimentaires et contiennent des contaminants de type Dioxine ou métaux lourds aux effets très néfastes sur la vie marine.

La présence du Cd dans le site 15 (ancien port) avec une concentration l'introduisant dans la classe 2 (normes hollandaises) nous permet de constater qu'à ce niveau le sédiment est pollué indiquant ainsi une source de pollution.

Pour le chrome, les teneurs enregistrées indiquent l'appartenance du sédiment à la classe 1 ce qui nous confirme que le sédiment est naturel et non pollué par le chrome.

Une contamination par le cuivre est constatée au niveau des sites 17, 18 et 21 indiquant que le sédiment est pollué par ce métal.

Une forte contamination en mercure est enregistrée au niveau du site 15 (nouveau port) indiquant que le sédiment à ce niveau est très pollué par le mercure. Tout en étant non conforme aux normes algériennes. Pour les sites 18 et 21, une pollution par le mercure est également enregistrée. Des concentrations aussi élevées ont été mises en évidence lors de diverses études (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les concentrations en plomb enregistrées au niveau du site 18 et 21 indiquent un sédiment pollué en plomb. Ce qui est en conformité avec les études antérieures (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les concentrations en zinc observées indiquent que le sédiment du site 18 est pollué ce qui est en conformité avec d'autres études (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les valeurs du nickel enregistrées indiquent que le sédiment est naturel et non pollué. Alors que pour le fer des valeurs très élevées sont enregistrées notamment au niveau du site 18 ne présentant pas forcément une pollution. Ce qui est également en conformité avec d'autres études (I.Q.E.D, 1994 et L.E.M, 1998).

Les sites les plus pollués par les métaux lourds sont les trois ports de Skikda et l'indice de contamination pour le cuivre, le zinc et le manganèse indique une absence de pollution par ces métaux (selon les normes françaises).

Le tableau 15 nous permet d'établir une comparaison entre les résultats obtenus au cours de notre étude au niveau des ports de Skikda avec ceux de divers ports algériens, il en ressort que pour le mercure, la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau du Nouveau port de Skikda (Présente étude) et la valeur minimum au niveau de l'ancien port de Skikda. Ces résultats étant en conformité avec les résultats obtenus pour le même port par le LEM (1998).

Pour le chrome, les résultats obtenus sont comparables à ceux du LEM (1998) et sont inférieurs aux normes hollandaises et recommandations algériennes comparés aux résultats obtenus par GHARSALLAH (2002) pour le port d'Annaba qui sont largement en

dépassement. Idem pour le cuivre où tous les résultats sont comparables à l'exception de ceux de HARITI *et al* (2000) qui sont caractérisés par des valeurs relativement élevées et supérieures aux normes hollandaises et de ceux de GHARSALLAH (2002) qui sont également élevées et dépassant largement les normes hollandaises et recommandations algériennes.

Nous pouvons constater que la concentration du plomb a augmenté au niveau de l'ancien port et du port de pêche de Skikda comparés aux concentrations observées par le LEM (1998) ce qui confirme la présence d'une source potentielle. Ces valeurs restent inférieures aux recommandations algériennes, cependant, elles dépassent largement les normes hollandaises. De même pour le zinc, nous constatons une augmentation des concentrations et tout en étant inférieurs aux recommandations algériennes, celles observées pour l'ancien port de Skikda sont en dépassement des normes hollandaises. Ceci étant, les valeurs observées au port de Annaba par HARITI *et al* (2000) et GHARSALLAH (2002) restent largement supérieures à celles observées aux ports de Skikda. Nous marquons également un léger dépassement (des normes hollandaises) de la concentration du zinc observée au port de Mostaganem.

Pour le manganèse, les résultats obtenus au niveau des différents ports sont comparables à l'exception de ceux du port de pêche de Skikda où la concentration est bien inférieure comparée aux autres ports. Pour le nickel, n'ayant pas de résultats qui puissent nous permettre d'établir une comparaison, nous ne pouvons que constater que les valeurs observées restent inférieures aux recommandations algériennes.

Pour le fer, il nous est donné de constater que les concentrations observées aux ports de Skikda sont considérablement élevées comparées à celles observées par GHARSALLA (2002) pour le port de Annaba.

Tableau. 15 : Comparaison des résultats obtenus pour les métaux lourds avec ceux de divers ports algériens.

Métaux (mg/kg)	Hg	Cr	Cu	Pb	Zn	Cd	Mn	Ni	Fe	Références
Ports										
Skikda (Ancien port)	0.92	67.89	59.64	118.73	166.51	<10	-	-	-	LEM (1998)
Skikda (Port de pêche)	1.23	48.31	40.62	125.59	73.51	<10	-	-	-	
Mostaganem	-	-	47.66	-	142.96	-	219.43	-	-	HARITI <i>et al</i> (2000)
Annaba	-	-	116.77	-	427.60	-	279.38	-	-	
Annaba	-	295.00	208.00	-	401.00	-	203,78	-	1548.0	GHARSALLAH (2002)
Skikda (Ancien port)	0.91	63.47	58.66	129.60	175.87	0	260.50	40	16846.5	GUEDDAH (2003)
Skikda (Nouveau port)	2.01	44.25	18.00	36.50	62.25	1.5	236.50	38	16457.5	
Skikda (Port de pêche)	1.07	38.33	45.00	145.00	85.00	0	115.00	35	14935.5	
Normes hollandaises (Limite A)	0.3	100	36	85	140	0.8	-	-	-	DONZE (1990) et DAVIS <i>et al</i> (1990)
Recommandations algériennes	1.5	250	150	250	500	3	-	75	-	Ministère Délégué à la Recherche, à la Technologie et à l'Environnement (1991)