

## **SYNTHESE GENERALE SUR L'ETAT DU GOLFE DE TUNIS**

Ce rapport constitue la deuxième partie du rapport de la phase I de l'étude de pré investissement sur la dépollution dans le golfe de Tunis confiée par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable – MEDD au groupement de bureaux d'étude BCEOM-Comete – Eng / IHE.

Cette deuxième partie est relative à l'activité 2 de la phase I qui comporte une analyse du comportement du golfe de Tunis vis-à-vis des pressions qui s'exercent sur lui, une caractérisation de l'état de l'environnement du golfe, des propositions et des recommandations sur les quantités de pollution qui menacent le golfe et des recommandations sur des actions en vue de limiter et d'éviter les sources de pollution nuisibles à la vie du golfe.

Ce rapport comporte deux parties :

- ❖ **Partie 1** : Cette première partie est basée sur une étude bibliographique de l'ensemble des travaux réalisés sur le golfe de Tunis et **sur les zones humides** situées sur les côtes. Tous les aspects qui touchent la dynamique des eaux, l'état de pollution et l'état écologique y **ont été** traités;
- ❖ **Partie 2** : La deuxième partie repose sur un travail d'exploration du site réalisé en Juin 2008. La campagne pour le golfe de Tunis prend en compte l'eau, le sédiment, la faune et la flore benthique. Elle comporte aussi un travail de modélisation de la dynamique des eaux et des polluants basé sur des mesures récentes.

### **1 PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

De part sa position charnière entre les bassins occidental et oriental de la Méditerranée, le golfe de Tunis occupe une place majeure, non seulement en ce qui concerne l'écosystème marin du nord de la Tunisie, mais, aussi, et surtout, en ce qui concerne l'ensemble de la Méditerranée.

Dans leur ensemble, les données bibliographiques traitant de façon spécifique la zone du golfe de Tunis sont peu nombreuses et relativement anciennes. Nous avons signalé et commenté celles présentant le plus grand intérêt pour permettre des comparaisons d'ordre bionomique à l'échelle spatio-temporelle, indispensables pour pouvoir tenter d'estimer une éventuelle dérive environnementale.

Les données portant sur la **baie de Tunis** sont, par contre, beaucoup plus nombreuses et souvent réactualisées. Mais elles restent, dans leur majorité, très sectorielles, ce qui rend difficile toutes comparaisons et, ce, d'autant plus, que les conclusions des analyses environnementales proposées sont souvent ambiguës voir contradictoires.

Pour ce qui concerne les zones humides côtières, on dispose de plusieurs travaux récents et parfois de longues séries de mesures d'enregistrement surtout pour les deux lagunes nord et sud de Tunis.

Ainsi, en s'appuyant sur les documents disponibles, nous avons réalisé ce travail bibliographique pour les zones côtières humides et pour le golfe de Tunis.

### **1.1 Les zones humides côtières**

Les côtes du golfe de Tunis regroupent un total de **6 100 hectares** de lagunes et de **4 247 hectares** de sebkhas concentrées essentiellement sur la partie ouest. Ces zones humides sont toutes communicantes au golfe de Tunis par des passes pérennes ou temporaires. Les échanges avec les lagunes sont **régis** par le niveau de la marée. Les sebkhas ont, quant à elles, deux régimes de fonctionnement : un régime hydrographique conditionné par la marée et un régime hydrologique conditionné temporairement par les crues.

- ❖ **Le lac de Ghar El Melh (3000 ha)** connaît des problèmes d'eutrophisation caractérisés par un très haut niveau de sels nutritifs dans les eaux (N et P). La production primaire y est importante. Des indices de contamination par les métaux Zn, Cu, Cr et Co dans les sédiments superficiels ont été enregistrés ;
- ❖ **Les deux lagunes nord (2400 ha) et sud de Tunis (700 ha)** viennent de faire l'objet de grands programmes d'aménagement comportant un système de circulation automatique qui capte un volume de l'ordre de 4.4 millions de m<sup>3</sup> par jour et le réinjecte dans le golfe après avoir subi un lagunage naturel. Le fond est vaseux et est très riche en matière organique. Si la production primaire **reste** encore importante, la pollution est restreinte aux transformations internes à l'écosystème ;
- ❖ **La sebkha de l'Ariana (3800)** joue un rôle régulateur des eaux pluviales de Tunis nord, son régime hydrologique dépend uniquement des crues. Les sédiments de la sebkha sont légèrement contaminés par quelques métaux lourds (Cd, Cu, Ni et Pb) et par de la matière organique, alors que les eaux présentent des concentrations très fortes en éléments nutritifs ;
- ❖ **La sebkha de Slimène (220 ha)** a deux régimes de fonctionnement, un régime hydrologique conditionné par les crues de l'oued El Bey et un régime hydrographique actionné par la marée via la passe qui la relie à la mer. Les eaux ont des concentrations très élevées en éléments nutritifs et les sédiments sont contaminés par des éléments métalliques (Cd, Cu, Ni, Pb et Zn). La sebkha de Slimane joue, toutefois, un rôle très important sur l'autoépuration des eaux usées de l'oued El Bey.

### **1.2 Hydrologie et hydrodynamique du golfe de Tunis**

La qualité des eaux et des sédiments de surface du Golfe de Tunis est influencée par les apports d'eau et de sédiments par les principaux cours d'eau qui y débouchent. Deux types d'apports peuvent être considérés pour le golfe :

Les apports directs avec essentiellement ceux des oueds Mejerda et Meliane et le canal Khalij:

- ❖ **L'oued Mejerda** est une source d'apport d'éléments nutritifs dans les eaux et d'éléments métalliques dans les sédiments en suspension ;
- ❖ **L'oued Meliane** a des eaux chargées en éléments nutritifs et en matière organique dissoute ou solide. Ces eaux sont de trois types : les eaux pluviales du bassin versant, les eaux épurées des stations d'épuration de l'ONAS et les eaux usées brutes ;
- ❖ **Le canal Khalij** qui draine les eaux pluviales de l'oued El Hissiane et les eaux usées épurées des stations d'épuration de Tunis nord.

Les eaux de l'oued El bey parviennent indirectement au golfe via la Sebkhha Slimane. L'étude hydrologique effectuée dans la première partie de cette étude a relevé le bilan hydrologique des grands oueds se déversant dans le golfe comme suit :

Nom de l'oued	Apport moyen annuel Mm <sup>3</sup> /an	Apport Solide Tonne/an	Débit d'étiage m <sup>3</sup> /s	Débit moyen annuel - hivernal m <sup>3</sup> /s	Débit de crue annuelle m <sup>3</sup> /s
Oued Medjerdah	1 078.53	2 221 774	4	30	147
Canal Khlij	11.56	23 814	-	n'est pas permanent	60
Oued Méliane	26.47	96 266	0.700	5	60
Oued El Bey	15.18	55 215	0.10	2	34
Oued Abid	10.17	15 531	0.02	0.37	20

Les apports indirects des milieux humides côtiers se font par l'action de la marée. On a noté que :

- ❖ *Le lac Ghar El Melh* échange un débit journalier de **3 Millions de m<sup>3</sup>** par jour ;
- ❖ *Le lac nord* échange un débit journalier de **1.8 millions de m<sup>3</sup>** par ;
- ❖ *Le système lac sud-canal de navigation échange* un débit journalier de l'ordre de **3 millions de m<sup>3</sup>** par jour ;
- ❖ *La sebkhha Slimène* échange un débit journalier de **90 000 m<sup>3</sup>** par jour ;
- ❖ *La centrale de Radès* pompe dans le golfe un débit de **3 millions de m<sup>3</sup>** jour et les re-déverse à une température légèrement élevée.

Soit un total d'échange d'eau de mer **11 millions de m<sup>3</sup>** par jour entre le golfe et les zones côtières humides.

Les différents travaux réalisés sur les circulations dans le golfe de Tunis ont montré que les courants sont principalement contrôlés par le vent. Les vents Nord-Ouest, les plus fréquents à Tunis, génèrent des courants de dérives littoraux. La direction de ces courants est du Nord vers le Sud du côté Ouest du golfe, et de direction Sud-Ouest vers le Nord-Est du côté Est du Golfe. Les vents d'Est, les plus fréquents en été à Tunis, génèrent aussi des courants de dérives littoraux, mais la direction de ces courants s'inverse par rapport au vent de Nord-Ouest. En effet, la direction des courants, dans ce cas, est du Nord-Est, vers le Sud-Ouest du côté Est du Golfe, et de direction Sud, vers le Nord du côté Ouest du golfe de Tunis.

### 1.3 Etat de pollution des sédiments

Les données relatives à la qualité des sédiments et des eaux du Golfe de Tunis, ne se sont portées que sur le carbone organique, quelques métaux lourds et les composés inorganiques de l'azote. La compilation de ces données a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ Des teneurs élevées en COT ont été enregistrées dans les sédiments de surface au voisinage de l'ancienne et de la nouvelle embouchure de la Mejerda, entre Raoued et Gammarth, en face du port de Sidi Bou Saïd et entre La Goulette et Hammam-Lif ;
- ❖ Les sédiments de surface prélevés en face des embouchures de la Mejerda, près de l'île de Zembra et dans le petit golfe seraient relativement chargés en Zn, Cu, Pb et Cd ;

- ❖ Les concentrations de Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Co et Cu dans les eaux du Golfe de Tunis ont atteints, par endroits, des valeurs relativement élevées, en particulier en face des embouchures de la Mejerda, le long de la frange littorale Ghar El Melh – Kalaat El andalous, et près de la côte entre Sidi Bou Saïd et l’embouchure de l’oued Soltane ;
- ❖ Les teneurs des nitrates dans les eaux de surface ont atteints par endroits des valeurs assez élevées, au large du golfe et près de la côte de Korbous.

#### **1.4 Etat écologique du golfe**

Certains travaux peuvent être considérés comme actuellement très utiles, nous citerons : les études concernant la morphologie du golfe et l’érosion côtière, la courantologie, la toxicologie des espèces planctoniques et l’identification des zones occupées par les herbiers.

Il n’en est pas de même des études traitant de :

- ❖ La répartition des nutriments qui ne portent que sur des espaces de temps très restreints alors qu’il est indispensable d’avoir des suivis à l’échelle annuelle au minimum ;
- ❖ La répartition (quantitative et qualitative) de l’ensemble de la végétation benthique sur tout le pourtour du golfe ;
- ❖ L’identification précise des problèmes posés par une éventuelle surpêche.

En dépit des lacunes concernant les données bibliographiques dont nous avons pu disposer, les études les plus récentes nous permettent, d’ores et déjà, de constater la présence de graves signaux d’alarme, témoins d’une forte déstructuration de l’écosystème du golfe de Tunis, en particulier en ce qui concerne sa partie la plus littorale, avec l’indication de :

- ❖ La présence et l’abondance de dinoflagellés toxiques, y compris dans des zones que l’on pourrait, a priori, considérer comme saines (à savoir les herbiers) ;
- ❖ L’apparition, en de nombreux points de la côte, de caulerpes exotiques « tueuses » ;
- ❖ L’identification d’importantes surfaces occupées par les mattes mortes des herbiers.

A cet égard, l’étude la plus récente (APAL) sur la végétation du golfe, et en particulier sur les peuplements de phanérogames marines, faite au début de cette année permet, en la confrontant à l’étude faite quelques 40 ans plus tôt, de mettre en évidence de profonds changements dans la répartition des herbiers avec notamment :

- ❖ Une remontée générale de la frange basse des posidonies ;
- ❖ L’existence en de nombreux points de la côte, et plus spécialement de la baie de Tunis, de larges surfaces de mattes mortes.

## **2 PARTIE 2 : ETUDE D'EXPLORATION COMPLEMENTAIRE**

Les investigations complémentaires réalisées en 2008 dans le cadre de cette étude (campagne d'exploration et travaux de modélisation mathématiques) nous ont permis de caractériser l'état actuel du golfe de Tunis. Les informations acquises concernent :

- ❖ Les facteurs physiques liés à la dynamique des courants et des polluants ;
- ❖ Les facteurs chimiques liés à la qualité de l'eau ;
- ❖ Les facteurs chimiques liés à la qualité des sédiments ;
- ❖ Les facteurs biologiques liés à la faune et la flore benthiques.

### ***2.1 Etude de la dynamique des courants et des polluants***

Des simulations de l'hydrodynamique de tout le golfe de Tunis ont été réalisées à l'aide d'un modèle à 3D. Ces simulations ont permis d'avoir une idée relativement précise de la structure des écoulements dans le golfe en fonction du vent. Un vent Nord-Ouest, le plus fréquent à Tunis, génère une circulation giratoire à l'intérieur du Golfe, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Un vent d'Est génère une circulation de sens inverse mais moins intense. En absence de vent, les vitesses dans le golfe restent très faibles.

Afin d'affiner la simulation du fonctionnement hydrodynamique du golfe de Tunis, et plus particulièrement près des côtes, et de pouvoir suivre la dispersion de la pollution rejetée (par les Oueds Khalij, Méliane et El Bey), nous avons utilisé un modèle à 2D, intégré sur la hauteur d'eau. Rappelons que les modèles de type 2D sont mieux adaptés aux zones côtières et peu profondes. Les résultats du modèle 3D à la limite du golfe ont été imposés comme conditions aux limites du modèle fin à 2D.

Les résultats de ces simulations montrent en particulier que les eaux sont poussées par le vent Nord-Ouest vers la côte pour créer un courant nord-sud sur la côte Est et un courant sud-nord sur la côte ouest. Ces courants affectent la pollution rejetée par les oueds Khalij, Méliane et El Bey en la dispersant le long des côtes de la baie. Sans vent, les courants marins sont faibles et la pollution se concentre devant les points de rejet et la dispersion vers le large est faible. Cependant, les simulations montrent aussi que la baie de Tunis est caractérisée par un faible hydrodynamisme.

Tous ces scénarii représentent des situations différentes, avec leurs conséquences propres. Ils ont cependant tous un point commun : l'existence d'une zone permanente de faible hydrodynamisme vers le fond et le centre du Golfe. Cette zone varie en extension et quelque peu en localisation, suivant le vent dominant, mais elle est toujours présente.

### ***2.2 Etude de la qualité des eaux***

L'état de pollution des eaux du Golfe de Tunis a été évalué par l'analyse de quelques paramètres physico-chimiques (transparence, pH, Température, O<sub>2</sub> diss., conductivité et salinité), des éléments nutritifs (N et P organiques et inorganiques), de quelques métaux lourds (Pb, Cr, Ni et Cd) et de deux paramètres biologiques (Chlorophylle a et phéopigments).

En ce concerne le pH, l'oxygène dissous, la salinité et la conductivité, on n'a pas enregistré d'anomalie, on a partout un pH caractéristique d'une eau alcaline à  $\text{pH} > 8$  et des eaux en général bien oxygénées.

En ce qui concerne les métaux lourds dans les eaux, toutes les valeurs enregistrées sont inférieures aux limites de détection des appareils de mesures et par suite aux seuils de pollutions connus. Ceci exclue donc ce type de contamination dans les eaux du golfe de Tunis.

Pour le reste des paramètres (turbidité, sels nutritifs) et pour les données biologiques (Chlorophylle a et phéopigments), les observations faites permettent, toutefois, de conclure à une eutrophisation du milieu.

En ce qui concerne les nutriments organiques et inorganiques dans les eaux, les cartes faites à partir des données concernant ces paramètres, permettent de tirer les conclusions suivantes quant à cette eutrophisation :

- ❖ **Turbidité des eaux** : Les cartes de répartition de ce paramètre montrent une certaine dissymétrie entre *la partie ouest*, où la courbe qui correspond à l'extinction de la lumière à 15 m (eaux très turbides) est très éloignée du rivage ; *La partie est*, où cette courbe se situe très près du trait de côte ; *la Baie de Tunis*, où la courbe de la profondeur d'extinction du disque de Secchi se situe, selon la proximité de la côte, entre 2 et 15 m avec une moyenne de **5,72 m** pour une profondeur moyenne de 11,22 m. Elle fait ressortir ainsi deux zones de très faible transparence : celle de Ghar El Melh et celle Meliane-Radès ;
- ❖ **Eléments azotés** : Les valeurs moyennes du NT trouvées oscillent pour l'ensemble des eaux du golfe autour de 250  $\mu\text{g/l}$ , à l'exception des secteurs 3 (oued Meliane) où la concentration arrive jusqu'à 1180  $\mu\text{g/l}$  et 4 (392  $\mu\text{g/l}$ ) qui sont, de loin, les plus touchés par les apports anthropiques. En ce qui concerne les sels dissous N-(NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>), nous avons noté trois zones présentant des valeurs très élevées par rapports aux seuils d'eutrophisation. La zone la plus polluée est celle de Ghar El Melh (l'origine étant la Mejerda et le canal Khalij), la deuxième est celle de Radès (l'origine étant l'oued Meliane) et la troisième est celle de Slimène (l'origine étant la sebkha et l'oued Bezirk);
- ❖ **Eléments phosphatés** : Les valeurs moyennes oscillent entre 13  $\mu\text{g/l}$  (secteur 2) et 103  $\mu\text{g/l}$ . Dans le secteur 3 (Radès-Hammam Lif), la concentration du phosphore a dépassé 30  $\mu\text{gP/l}$  (seuil passant à la mauvaise qualité) et a atteint un niveau de 103  $\mu\text{gP/l}$ . Cette zone peut, en conséquence, être considérée comme la plus polluée par les sels nutritifs ;
- ❖ **Chlorophylle a et phéopigments**: On note des valeurs en chlorophylle-a très élevées au fond de la baie variant de **2 à 4  $\mu\text{g/l}$** . Ceci, mis en parallèle avec les valeurs des sels nutritifs assez élevées surtout celles en phosphore (100  $\mu\text{gP/l}$  à la station PT3), témoigne d'un niveau d'eutrophisation très élevé sur l'ensemble du fond du golfe.

On peut, en définitive, considérer que le golfe est aujourd'hui globalement eutrophe, notamment au niveau des deux secteurs de Mejerda-Khalij et de Radès. Il ne faut, cependant, pas perdre de vue que les teneurs des eaux en nutriments sont, en fait, excessivement fluctuantes. Elles sont, en effet, tributaires de nombreux facteurs, notamment de leur

utilisation par les végétaux benthiques et planctoniques, de leurs relargages par les bactéries et de la période de l'année pendant laquelle sont effectuées les campagnes de mesure.

On peut conclure que la zone du fond de la baie correspond à la partie du golfe la plus polluée par les sels nutritifs (N et P inorganique) ceux-ci étant à l'origine d'une production primaire élevée (haute valeur de la chlorophylle a). Ayant eu la confirmation de ce phénomène par les calculs mathématiques sur la dispersion des polluants, c'est pour cette raison que nous avons choisi cette zone pour faire l'objet de la modélisation de la qualité des eaux.

### **2.3 Etude la qualité des sédiments superficiels**

Les sédiments superficiels ont été étudiés sur la base de quatre groupes de paramètres tels que : Lithologie granulométrie ; COT - TN et TP ; hydrocarbures et métaux lourds.

#### ***Lithologie - granulométrie***

La description lithologique et l'analyse granulométrique des sédiments de surface du Golfe de Tunis montre globalement un grano classement décroissant de la côte vers le large : les proportions de la fraction fine ( $< 63\mu$ ) dans les sédiments prélevés au delà de – 20m de profondeur dépassent 95%. Cette répartition spatiale semble être contrôlée principalement par les courants des houles qui déposent, lors du déferlement, les particules grossières près de la côte, alors que les particules fines sont entraînées vers le large. L'état énergétique du milieu, la typologie de côtes (côte rocheuse ou sableuse), la morphologie sous-marine et la présence des cours d'eau ont aussi une influence sur cette répartition.

Les répartitions spatiales des indices granulométriques (moyenne, écart type et skewness) des sédiments superficiels des petits fonds montre que :

- ❖ dans zone côtière qui s'étend de Ghar El Melh jusqu'à l'embouchure de l'oued Soltane, les sables sont fins à très fins, modérément à bien classés et asymétriques vers les grossiers ;
- ❖ Les sables prélevés le long de la côte située entre Oued Sultane et Sidi Raïs, sont moyens à grossiers, bien à très bien classés et symétriques à asymétriques vers les fins ;
- ❖ Le long de la côte de Sidi Daoud, les sables sont moyens à fins, modérément classés, avec une asymétrie vers les fins.

La répartition spatiale fait apparaître deux faciès : d'une part un faciès sableux situé sur les côtes et, d'autre part, un faciès à sédiment silto-argileux situé au-delà des isobathes 10 m, sur la côte occidentale et, au sud, au delà de 20m, sur la côte orientale.

#### ***Pollution organique des sédiments***

La qualité chimique organique des sédiments a été évaluée par l'analyse du COT et des éléments nutritifs. Les résultats obtenus ont permis de tirer les conclusions suivantes :

Les teneurs de COT varient de 0.1 à 12%. Leur répartition spatiale permet de distinguer deux zones :

- ❖ le grand large, avec les plus fortes teneurs (4 à 12%) et ;
- ❖ les zones côtières où les concentrations sont les plus faibles (0.1 à 4%).

Une corrélation positive est observée entre le taux de COT et le pourcentage de la fraction fine. La totalité de ces teneurs sont supérieures à la concentration moyenne de COT enregistrée à l'échelle de la Méditerranée, qui est comprise entre 0.5 et 1%.

Les teneurs de l'azote total, qui sont comprises entre 170 et 1460 ppm, sont corrélées positivement, d'une part avec les taux de COT et, d'autre part, avec le pourcentage de la fraction fine, ce qui indique que la plus forte proportion de l'azote est sous forme organique. Les concentrations les plus élevées de l'azote total caractérisent les sédiments prélevés dans le grand large et dans les zones côtières situées en face des embouchures de l'oued Mejerda, de l'oued Meliane et de l'oued El Bey et en face du canal Khalij.

Les teneurs du phosphore total (PT) varient de 100 à 680 ppm (680 ppm au niveau de l'embouchure de l'oued Meliane), avec une répartition spatiale similaire à celle de l'azote total. Comme pour l'azote total, les teneurs de PT sont corrélées avec celles du COT et avec les pourcentages de la fraction fine, indiquant que le phosphore est aussi, pour l'essentiel, sous forme organique.

Le fait marquant est que la pollution organique semble être un facteur dominant par rapport au fonctionnement de l'écosystème du Golfe de Tunis. Les teneurs en nutriments enregistrées sont relativement importantes par rapport à la moyenne de la Méditerranée, en conséquence, les sédiments du golfe peuvent être jugés comme étant pollués par la matière organique.

#### ***Pollution par les hydrocarbures et les métaux lourds***

Le fait marquant est que la pollution proprement « chimique » (hydrocarbures, métaux lourds...) semble relativement limitée. Les valeurs des métaux lourds dans le sédiment apparaissent faibles et bien en deçà des normes internationales.

## **2.4 Etude écologique**

Les campagnes d'étude réalisées sur l'ensemble du golfe de Tunis au courant du mois de juin 2008 ont permis de montrer une forte déstructuration écologique sous influence d'une très forte anthropisation liée à une concentration de l'ensemble des activités urbaines, industrielles, portuaires, agricoles et halieutiques.

Nous avons montré que cet écosystème peut être subdivisé en 3 entités bionomiques :

***Un écosystème oriental*** lié à des côtes majoritairement rocheuses et souvent accores, où persiste partiellement la biocénose de l'herbier de Posidonies particulièrement fragile et donc très vulnérable. Nous avons pu mettre en évidence dans cette zone les principaux facteurs de perturbation environnementale à savoir :

- ❖ l'action très fortement négative de la forte turbidité générale des eaux du golfe sur la croissance et la persistance de la végétation benthique,
- ❖ la présence de 2 pôles d'agressions anthropiques où on enregistre un important déséquilibre de l'environnement, au nord, dans le secteur de Sidi Daoud, et au sud, dans la zone de Soliman où « l'écomorphose » très vulnérable du « récif barrière » de Sidi Raïs est, aujourd'hui, fortement menacée.

**Un écosystème occidental** lié à des côtes plates constituées, en grande partie, par des plages sableuses est marqué par la présence de zones marécageuses (plaine d'Utique) ainsi que par des lagunes (lagune de Ghar el Melah, « néo lagune » de Galaat el Andlous) et des sebkhas (sebkha de l'Ariana). Dans cette zone majoritairement agricole et très peu urbanisée, les impacts des actions anthropiques sont liés à l'influence des rejets des eaux de l'oued Mejerda et de celles de nombreux canaux (canaux d'évacuation des eaux usées de la STEP Nord, canal de la basse plaine de la Mejerda et canaux d'assainissements des terres humides de la région d'Utique) qui viennent limiter très fortement la luminosité des fonds et enrichir les eaux marines en matière organique. Ces impacts se traduisent, exception faite des algues nitrophiles côtières, par :

- ❖ une totale absence de végétation et
- ❖ la dominance, au niveau le plus littoral, d'une biocénose des sables fins envasés sous influence d'apports d'eau douce à laquelle succède, rapidement, une biocénose du détritique envasé.

**L'écosystème de la partie sud ouest de la baie** de Tunis lié à des côtes plates majoritairement sableuses très largement anthropisées, est marqué par les multiples agressions liées à la proximité de la conurbation du grand Tunis où se concentrent :

- ❖ près du cinquième de la population nationale (2 millions d'habitants),
- ❖ l'essentiel du tissu industriel national (85%),
- ❖ les ports les plus importants (commerce, tourisme, port vraquier, port pétrolier, port de pêche),
- ❖ une grande concentration d'hôtels à vocation balnéaire,
- ❖ le débouché de 2 oueds : l'oued Meliane) traversant la plaine agricole du Mornag et l'oued el Bey drainant la plaine agricole de Soliman,
- ❖ le débouché par 3 canaux (canal de Kherredine, canal central, canal de Radès) des eaux du lac de Tunis
- ❖ les rejets en mer de 4 centrales thermo électriques,
- ❖ les décharges en mer de la STEP sud avec le rejet d'eaux, purifiées du point de vue bactériologique, mais très fortement chargées en matières nutritives,
- ❖ un important effort de pêche.

Les impacts cumulés de ces agressions se traduisent par la présence d'une biocénose appauvrie constituée essentiellement d'espèces opportunistes et par l'apparition en période estivale de fréquentes marées vertes (ulves) ou de marées brunes (échouage des fibres rouies en provenance de la mise à nu de la matte morte) qui contribuent largement à la pollution des plages.

Le diagnostic général sur l'état du golfe de Tunis met en évidence les principaux facteurs limitant l'équilibre environnemental du golfe, à savoir la perte de luminosité des fonds et l'eutrophisation des eaux et des sédiments.

Le facteur déstabilisateur, de loin le plus important, est la luminosité des fonds, ou, plus exactement, la quantité de matières en suspension dans l'eau. En effet, la turbidité de l'eau

- ❖ perturbe fortement la production phytoplanctonique
- ❖ inhibe le développement de la végétation benthique (biomasse primaire), d'une part, et, d'autre part, sa diversification (biodiversité) et par voie de conséquence,
- ❖ limite les biocénoses de l'infralittoral à une frange très mince où abondent les espèces opportunistes « charognardes » et

- ❖ provoque la remontée d'une biocénose circa littorale très peu diversifiée dominée par les espèces vasicoles.

Viennent, en second lieu, les facteurs d'eutrophisation qui, très nombreux, ont pour impact

- ❖ la prolifération côtière d'algues benthiques opportunistes qui amènent de graves nuisances en perturbant largement les activités touristiques (marées vertes et brunes) qui sont importantes dans la zone proche des secteurs 3 et 2 les plus touchés par les apports de sels nutritifs.
- ❖ la déstructurations des écosystèmes notamment dans les secteurs 2, 3, 4 et 5.
- ❖ l'enrichissement des fonds en carbone organique total (COT).
- ❖ l'élargissement important des surfaces occupées par les espèces caractéristiques des vases gluantes et
- ❖ la très forte restriction de la biodiversité et de la vitalité des espèces benthiques ou démersales dans les fonds de plus de 40 m, fonds qui sont, par ailleurs, l'objet d'un labourage systématique par les arts traînants.

## **2.5 Capacité du golfe en matière d'assimilation de la pollution**

Pour pouvoir apporter des éléments de réponse sur l'une des questions posées par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable nous avons construit un modèle simplifié de la zone de Radès-Goulette qui est considérée d'après ce qui est présenté dessus, la zone la plus touchée par l'eutrophisation.

Ce modèle traite de la variation temporelle de la Chlorophylle-a (ou le phytoplancton), de l'azote total et du phosphore total. Il a été globalement calibré en se basant sur des mesures disponibles qui ont été réalisées dans le cadre du suivi de la qualité des eaux du Lac Sud de Tunis (mesures réalisées toutes les deux semaines depuis Octobre 2001 jusqu'à Août 2007).

Les résultats de ces simulations montrent qu'à partir d'un débit de rejet de l'ordre de **1 m<sup>3</sup>/s** par l'oued Méliane, les eaux marines de la zone côtière de Radès deviendront, très probablement, **très eutrophes, et même hyper-eutrophes**, selon la classification de l'OCDE.

## **3 ACTION PRIORITAIRES ET RECOMMANDATIONS**

Le diagnostic réalisé dans le cadre de cette étude a fait ressortir les faits marquants suivants :

- ❖ Au niveau dynamique des conditions faisant apparaître au centre du golfe et de la baie des zones de faibles hydrodynamismes ;
- ❖ Un facteur physico-dynamique faisant apparaître une dispersion favorable à une accumulation de la pollution au fond de la baie ;
- ❖ Un facteur physique montrant que les eaux des zones côtières de Raoued et Rades sont caractérisées par une faible transparence liée à une forte turbidité ;
- ❖ Un facteur chimique montrant que les eaux dans ces deux zones présentent des indices d'eutrophisation relativement élevés ;
- ❖ Un facteur chimique montrant des hautes teneurs de matières organiques dans les sédiments superficiels ;
- ❖ Un facteur biologique montrant la forte régression des herbiers de Posidonie et le très large développement d'espèces fortement nitrophiles (Ulves, gracilaires, etc...).

Ces constatations faites, indiquent nettement que la situation du Golfe de Tunis telle qu'elle peut être observée actuellement ne peut qu'empirer. Cette évolution, comme nous l'ont montré les modélisations et les simulations faites, ne peut qu'accélérer.

En effet, d'une part plus les peuplements végétaux benthiques régressent, plus la quantité de sédiments remis en suspension par les vagues et les courants augmente, et plus est exacerbé la réduction de la transmission de lumière dans la colonne d'eau, on a ainsi une réaction en boucle qui augmente son intensité à chaque tour. D'autre part, plus l'écosystème s'affaiblit, moins il est capable de résister aux pressions qui s'exercent sur lui.

Il est donc utile, nécessaire et urgent de mettre en place un plan d'action permettant de minimiser au maximum les impacts sur le milieu marin côtier induits par le canal Khalij, l'oued Meliane et l'oued El Bey

La première action doit consister en la maîtrise de la qualité des eaux de rejet. Elle doit aboutir, avant toute autre préoccupation, à la diminution très significative du rejet des particules en suspension et des sels nutritifs inorganiques dans les eaux côtières de la frange littorale nord ouest du grand golfe.

La solution idéale consisterait à arrêter totalement les rejets. Elle n'est possible qu'avec une réutilisation totale des eaux épurées pour l'agriculture ou pour la recharge de nappes souterraines. Elle nécessite, toutefois, des infrastructures de stockage et de transferts importantes dont seulement une petite partie est, à ce jour, réalisée. Ainsi cette solution ne peut être appliquée qu'à long terme, c'est à dire après la réalisation des infrastructures nécessaires.

La deuxième solution, permettant de protéger le golfe contre l'eutrophisation, consiste à pousser le traitement actuel des STEP vers le traitement tertiaire qui vise à éliminer les sels nutritifs (N et P) des eaux qui sont à l'origine de l'eutrophisation enregistrée dans le golfe de Tunis. Cette solution est non seulement onéreuse mais, encore assez peu souhaitable car elle aboutirait à la perte en mer d'un potentiel en eau douce non négligeable.

La troisième solution consiste à agir sur le rejet actuel pour améliorer les conditions de sa dispersion en mer.

Ainsi, en tenant compte des particularités de chacun de ces trois rejets, le plan d'action pourra être établi de la manière suivante :

### **3.1 Le canal Khalij**

Pour le cas particulier du canal Khalij deux solutions se présentent :

- ❖ *Cas 1* : maintenir le rejet à sa position actuelle avec un émissaire qui devrait idéalement aboutir sous la thermocline afin de contrarier la remontée en surface de la plume de rejet ;
- ❖ *Cas 2* : Déplacer le rejet vers le nord de l'oued Mejerda pour que ce dernier puisse empêcher la pollution d'atteindre les côtes sud et le fond de la baie de Tunis. En d'autres termes, il s'agirait d'exploiter la plume induite par le rejet de l'oued Mejerda

pour éloigner la pollution vers le large. Cette solution pourrait retarder, de plusieurs années, la nécessité d'un émissaire en mer.

Pour pouvoir choisir entre les deux solutions, il est nécessaire de faire une étude de faisabilité comparative du point de vue technique et économique entre les deux alternatives.

### **3.2 L'oued Meliane**

L'oued Meliane rejette les effluents de la station sud au fond de la baie qui est jugée comme étant la zone la plus eutrophisée de l'ensemble du golfe de Tunis.

La solution consiste à agir sur le rejet actuel pour améliorer les conditions de dispersion en mer.

Pour le cas particulier de l'oued Meliane la seule solution consiste à maintenir le rejet à sa position actuelle et à éloigner le rejet par le biais d'un émissaire qui devrait aboutir à une profondeur convenable permettant des meilleures dilution et dispersion des polluants.

### **3.3 L'oued el Bey**

La situation du rejet de l'oued El Bey est très différente des deux rejets précédents. Le rejet se déverse dans la sebkha Slimène qui elle-même communique avec la mer à travers une passe à marée. Les investigations réalisées ainsi que les données bibliographiques disponibles ont montré que la qualité des eaux se déversant en mer sont meilleures que celles rejetées par l'oued.

La première action d'envergure pour ce rejet consiste à maintenir le rejet dans la sebkha Slimène qui va ainsi continuer à assurer un lagunage naturel (ou une maturation) permettant de rabattre le niveau des sels nutritifs, de la matière organique et de la contamination fécale dans l'eau avant d'atteindre la mer. ***De ce fait, toute solution relative à une éventuelle déviation du rejet vers le golfe ne devrait être en aucun cas être envisagée où même soulevée.*** La sebkha Slimène devrait, par ailleurs, être maintenue en tant que zone écologique pour l'avifaune et pourrait être proposée, de ce fait, en tant que ***zone Ramsar.***

Cette action cependant n'exclue pas la nécessité d'épurer les eaux à l'amont de l'oued surtout pour les rejets industriels comportant des contaminants métalliques. Pour ce qui concerne l'épuration biologique des eaux usées domestiques, on considère que le traitement jusqu'au stade secondaire est suffisant pour l'oued El Bey.