

Impact des aménagements hydrauliques, touristiques et urbains sur l'équilibre et le fonctionnement de la lagune et des marais de Smir

Abdellatif BAYED & Abdellatif CHAOUTI

Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Unité de recherche OCEMAR, Avenue Ibn Battota, B.P. 703 Agdal
10106 Rabat, Maroc. e-mail : bayed@israbat.ac.ma ; chaouti@israbat.ac.ma

Résumé. Le développement des activités humaines dans la zone humide de Smir et les aménagements hydrauliques, touristiques et urbains qui y ont été réalisés ont apporté des changements dans les composantes physiques, chimiques et biologiques de ce complexe écologique. La construction du barrage sur l'Oued Smir a réduit l'arrivée des eaux douces et l'aménagement d'un port de plaisance et des complexes touristiques a modifié le paysage naturel côtier et a arrêté le rôle régulateur de la dune côtière, ce qui a favorisé une salinisation de la lagune et des marais. Suite à ces modifications abiotiques, la biodiversité de la flore et de la faune a subi de profonds changements dans la composition spécifique et dans la structure des biocénoses. D'autre part, le processus d'assèchement des zones périphériques de la zone humide s'est développé au profit des cultures maraîchères. De plus, l'irrigation de ces cultures par pompage intensif de la nappe phréatique a engendré une baisse de son niveau piézométrique. L'essor démographique de la ville de M'diq et l'avènement estival du tourisme balnéaire ont conduit à l'extension de l'urbanisation en bordure des marais et à l'évacuation de volumes considérables d'eaux usées déversées, sans traitement préalable, dans les marais.

Mots clés : littoral méditerranéen, aménagements côtiers, urbanisation, biodiversité, agriculture.

Impact of the hydraulic, touristic and urban interventions on the balance and the functioning of Smir lagoon and marshes.

Abstract. The development of the human activities in the wetland of Smir and the hydraulic, touristic and urban interventions carried out there, led to some changes in the physical, chemical and biological components of this ecological complex. The construction of the dam on the Oued Smir reduced freshwater supplies and the achievement of a Marina with its touristic complex modified the coastal natural landscape and stopped the regulating role of the coastal dune. This fact encouraged the increase of salinity in the lagoon and the marshes. Because of these abiotic modifications, biodiversity of flora and fauna underwent changes in species composition and in communities structure. On the other hand, the drainage process of the adjacent areas of the wetland contributed to expansion of cultures. Besides, the irrigation of these cultures by intensive pumping from the watertable resulted in a decrease of its level. The demographic flux of M'diq city and the increase of tourist number in summer led to the extension of the urbanization in border of the marshes and to the evacuation of considerable volumes of waste waters discharged in the marshes without previous treatment.

Key words: Mediterranean shoreline, coastal man-made, urbanization, biodiversity, agriculture.

INTRODUCTION

Les lagunes côtières *sensu lato* sont des milieux aquatiques qui se trouvent dans des zones de confluence d'eaux continentales et eaux marines. Ces écosystèmes sont façonnés dans des contextes géomorphologiques locaux particuliers et se rencontrent à toutes les latitudes et sous différents types de climats et tout particulièrement sous les climats tempérés, tropicaux et équatoriaux. Les lagunes se présentent sous différentes formes, dimensions et configurations dans lesquelles salinité, circulation de l'eau et confinement constituent les principaux facteurs qui agissent sur la colonne d'eau, la sédimentation et la biodiversité. Elles sont généralement accompagnées de marais ou de schorres sur une partie ou la totalité de leur pourtour.

Les lagunes côtières et les marais salants retiennent davantage l'attention à l'échelle internationale en tant que zones humides. Sous ce qualificatif sont groupés au Maroc

marais, marécages, schorres, oueds, dayas, merjas, mares, prairies humides, estuaires, lagunes, embouchures, plages et les parties les moins profondes de la mer (Dakki & Hamzaoui 1998). A l'échelle mondiale, les zones humides telles qu'elles sont définies couvrent une superficie non négligeable atteignant 6% de la surface du globe.

Bien que les zones humides côtières n'occupent que de faibles superficies par rapport à la grande longueur de la bande littorale qui entoure les continents et les grandes îles, elles possèdent des atouts écologiques qui en font des écosystèmes hautement productifs et sont dotées d'une biodiversité remarquablement élevée. Ces éléments sont si importants que les zones humides sont généralement classées en seconde position après les forêts tropicales et sont donc parmi les ressources les plus précieuses de la planète (Pearce & Crivelli 1994).

A l'échelle de la Méditerranée, les marais salants comme ceux de Smir, les lagunes et les deltas qui se trouvent dans

les parties aval des bassins versants côtiers de cette mer sont des zones humides caractérisées par des vasières intertidales peu étendues et par des marées généralement très faibles. Dans les bassins versants côtiers de la Méditerranée, comme celui de Smir, la superficie totale des zones humides (y compris les zones humides artificielles) est estimée à 28.500 km² dont près de 6.500 km² de lagunes côtières, 12.000 km² de lacs et marais naturels et plus de 10.000 km² de zones humides artificielles (Pearce & Crivelli 1994). Les fonctions jouées par les zones humides sont très nombreuses et diversifiées dont (i) les fonctions de magasinage et renouvellement de la ressource hydrique comme la recharge, protection et résurgence des nappes phréatiques, (ii) les fonctions de protection par le contrôle des crues, (iii) les fonctions d'épuration et de décontamination comme la rétention de sédiment, des produits toxiques et des nutriments, (iv) les fonctions de stabilisation des rivages et de réduction de l'érosion, (v) les fonctions d'habitat pour la faune et pour les espèces à valeur commerciale (pêche, aquaculture) et (vi) les fonctions de loisirs et de patrimoine (Skinner & Zalewski 1995).

Ces milieux sont sensibles en raison de leur proximité des activités humaines, mais aussi parce qu'ils sont en situation d'interface entre les milieux continentaux et marins. Ils se caractérisent par de fortes fluctuations journalières et saisonnières de leurs facteurs écologiques (Bayed & Chaouti 2001, Chaouti *et al.* 2001). Ces variations climatiques qui provoquent un stress dans le milieu peuvent être combinées avec les activités anthropiques ce qui conduirait, à une échelle donnée du temps, à des modifications significatives dans le fonctionnement de ces écosystèmes hautement sollicités. Parmi ces impacts, l'eutrophisation est la principale menace de pollution qui peut toucher les marais et les lagunes côtières. Elle est la conséquence d'un enrichissement excessif du milieu par des eaux usées ou des engrais agricoles. L'oxydation de la matière organique ramenée par les eaux usées demande une grande quantité d'oxygène qui peut conduire à une anoxie du milieu. La prolifération des algues suite à une surcharge du milieu en engrais peut aboutir également à une eutrophisation lorsque ces algues meurent et commencent à pourrir (Pearce & Crivelli 1994).

Les études scientifiques sur les zones humides sont devenues dans plusieurs pays une priorité, et des programmes de recherche, de suivi, d'aménagement et de gestion sont régulièrement conduits. Plusieurs groupes de travail spécialisés ont vu le jour et mènent études, expertises, analyses et proposent des actions alternatives et des politiques de gestion nationales et internationales. Parmi ces institutions nous citons en particulier Wetlands International, Convention Ramsar sur les zones humides, Convention internationale sur la biodiversité (volet zones humides), comités nationaux de biodiversité, etc. Au Maroc, la prise de conscience sur les zones humides d'importance nationale et internationale est acquise par les départements gouvernementaux compétents et des coordinations sont assurées à plusieurs niveaux.

La lagune et les marais de Smir, en référence à l'oued qui s'y déverse, comptent parmi les zones humides côtières qui ont subi des impacts anthropiques significatifs à l'échelle du

Maroc. Le présent travail fait une mise au point sur les différents impacts qui touchent cette zone et suit, à court terme, certains indicateurs de l'état du milieu et de la biodiversité.

PRÉSENTATION SUCCINCTE DES CONDITIONS CLIMATIQUES

L'Oued Smir, dont dépend en grande partie l'alimentation en eau douce de ce grand complexe côtier, drainait avant la construction d'un barrage en 1991, un bassin versant d'une superficie de 100 km² (Fig. 1). Dans ce secteur la pluviométrie moyenne est de 600 mm/an, ce qui représente le double de la moyenne nationale. La saison humide s'étend d'octobre à avril et la pluie est particulièrement abondante entre novembre et janvier. La saison sèche, relativement courte, se traduit par des précipitations faibles à nulles entre juin et septembre. L'amplitude moyenne annuelle de la température est de 17°C avec un minimum de 11°C à Fnideq et 13°C à M'diq et une température maximale de 28°C dans les deux localités. Ces caractéristiques climatiques correspondent au climat méditerranéen et à l'étage bioclimatique humide (Fig. 2)

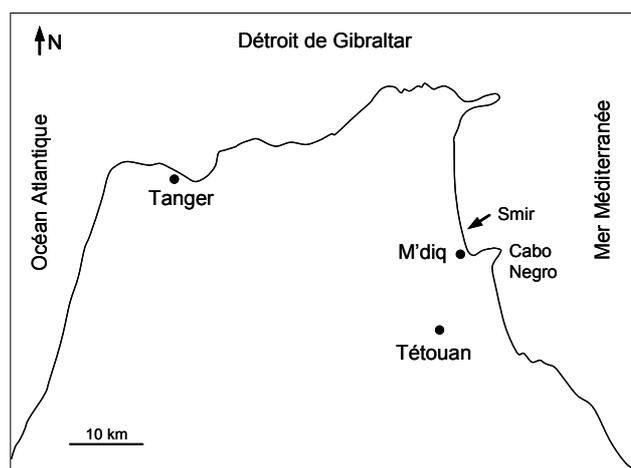


Figure 1. Situation géographique de la zone humide de Smir.

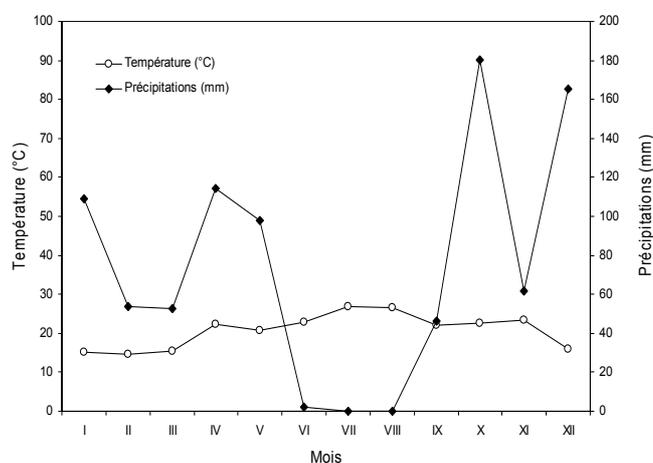


Figure 2. Diagramme ombrothermique de Gaussen établi pour M'diq pour les années 1999 et 2000.

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES AMÉNAGEMENTS ET ÉTAT DE L'ÉCOSYSTÈME AVANT 1990

Construction d'un barrage sur l'Oued Smir

Entré en service en 1991, le barrage de Smir couvre les besoins en eau potable de Tétouan, Martil, M'diq, Fnideq et des complexes touristiques de la côte de Restinga. Il a été construit à la confluence de plusieurs cours d'eau dont les principaux sont Oued Lil et Oued El Bayen. Le barrage a un mur principal de 45 mètres de hauteur et une longueur à la crête de 298 mètres. Il développe une surface de retenue de 475 hectares pour un volume total de 43 millions de m³ (17 millions de m³ en volume régularisé).

Avant la construction de ce barrage, les eaux de l'Oued Smir constituaient la principale source en eau du complexe écologique des marais et de la lagune de Smir avec un volume total estimé à 30 hm³/an (Stitou El Messari 1995). Le débit moyen de l'Oued Smir était supérieur à 40 l/s et pouvait atteindre 640 m³/s pendant les fortes crues (Stitou El Messari 1995). L'Oued Smir alimentait également la nappe phréatique avec un apport annuel estimé à 26 hm³. Ces apports en eau douce, dont les caractéristiques abiotiques sont données dans le tableau I, permettaient au complexe écologique de Smir de développer une grande lagune de 50 hectares de superficie.

Aménagement d'une marina

La côte comprise entre Martil et Fnideq est une zone de choix pour le tourisme balnéaire national et international. Des dizaines de structures touristiques ont été bâties alors que cette zone côtière ne bénéficiait pas d'un schéma directeur d'urbanisme. Les aménagements littoraux qui ont touché la lagune de Smir se sont traduits par la construction d'un complexe balnéaire et d'un port sur l'embouchure même de l'oued Smir. Il s'agit d'une marina réalisée sur 20 hectares comprenant un port de plaisance et des installations d'animation et d'hébergement. Le port de plaisance est conçu pour accueillir 280 unités de plaisance d'un tirant d'eau de 2 à 4 mètres et de 8 à 16 mètres de longueur. Le bassin du port a une superficie de 3 hectares dont 1,5 hectares ont été gagnés sur la mer. Le port est protégé des houles par une digue et par une traverse. Le

bassin abrité permet l'accès, les manœuvres et le stationnement à flots des bateaux de plaisance (PNUE 1990).

Avant la mise en place de ce complexe balnéaire (Fig. 3), la lagune par laquelle transitaient les eaux de l'Oued Smir avant leur débouchée en mer était séparée de celle-ci par un cordon dunaire qui jouait le rôle d'une structure géomorphologique régulatrice à la fois de l'écoulement des eaux douces vers la mer et de la pénétration des eaux marines dans la lagune. Le contact lagune–mer était observé généralement pendant l'hiver et les périodes pluvieuses quand la dune et le bouchon sableux étaient rompus pour permettre l'évacuation du trop plein des eaux lagunaires. Cet échange se maintient jusqu'à ce que la compétence de transport par la houle devienne prépondérante par rapport à celle engendrée par l'écoulement du flot des eaux lagunaires. Pendant la période estivale, le contact lagune-mer était quasi nul, hormis des écoulements souterrains sous le banc de sable. De ce fait l'influence de la mer et de la marée était faible et limitée dans le temps. La salinité était de 5 en hiver et pouvait atteindre 35 en été (Aksissou 1989) (Tab. II).

Développement de la ville de M'diq

Un bref aperçu de l'évolution de la population de M'diq montre le grand essor démographique de cette localité qui est devenue une véritable ville : 8.200 habitants en 1981, 12.350 habitants en 1987 et 21.000 habitants en 1994. En 1995, la population de M'diq a largement dépassé le nombre de 21.400 habitants qui était prévu pour 2001, ce qui correspond à une croissance moyenne annuelle de l'ordre de 6.8% (Louah *et al.* 1993). La demande en eau potable qui est estimée à 120 litres/habitant/jour (Louah *et al.* 1993) s'accroît pendant la saison estivale, car la population de M'diq décuple gonflée par les touristes qui fréquentent cette région et par les marocains résidents en Europe qui y transitent chaque année.

La station d'épuration dont dispose la ville de M'diq n'est plus en mesure de traiter les grands volumes d'eaux usées rejetées et dont la majorité est déversée directement dans les marais de Smir juste au nord de la ville (Bayed & El Agbani 2002).

Tableau I. Caractéristiques comparées des traits hydrologiques de l'Oued Smir avant et après la mise en place des aménagements.

	Avant 1990	Après 1995
Alimentation de la lagune par l'Oued Smir	permanente	Exceptionnelle (lors de lâchers de barrage)
Volume d'eau apportée par l'oued Smir	30 hm ³ /an en moyenne	1 hm ³ /an en moyenne
Débit de l'oued Smir	Supérieur à 40 l/s (moyenne annuelle)	Quasi nul
Vitesse de courant de l'oued Smir	Pouvant atteindre 0,8 m/s	Quasi nulle
Oxygène dissous (à titre indicatif)	9,4 à 10,8 mg/l	7,5 à 14,8 mg/l
Rejets d'eaux usées	+ (Localité de M'diq avec 8 200 habitants)	+++ (Localité de M'diq avec 21 400 habitants et complexe balnéaire)
Apports à la nappe	26 hm ³ /an	0,05 hm ³ /an

Tableau II. Caractéristiques comparées de plusieurs paramètres morphologiques, hydrologiques, édaphiques des marais et de la lagune de Smir avant et après la mise en place des aménagements.

	Avant 1990	Après 1995
Superficie de la lagune	48 ha	30 ha
Profondeur moyenne	≤ 1 m	≤ 0,5 m
Catégories sédimentaires dominantes	Sables fins	Vases sableuses et vases fines
Médiane granulométrique	340 – 900 μm	35 – 225 μm
Communication avec la mer	Semi permanente. Il n'y avait pas de communication avec la mer en été.	Permanente
Influence de la marée	Périodes de communication avec la mer (généralement en saison hivernale)	Prépondérante et permanente
Salinité	5 en hiver - ≤ 35 en été	30 - 40 (hiver et été)
Chlorosité	0,3 à 24 g/l	20 à 24 g/l
Température de l'eau de la lagune	11°C en hiver ; 28,5°C en été	14,7°C en hiver ; 32°C en été
pH	7,0 – 7,3 en étiage ; 8,0 – 8,4 en crue	7,8 – 8,8
Matière organique dans le sédiment	11%	3 à 15%
Interface géomorphologique entre la lagune et la mer	Plage de sable et petite dune vive séparant la lagune de la mer	Construction d'une digue qui empêchait la remontée des eaux marines (<i>La digue a été brisée depuis plusieurs années</i>)
Rejets d'eaux usées (pollution)	Source potentielle par la ville de M'diq	Marina Kabila et ville de M'diq

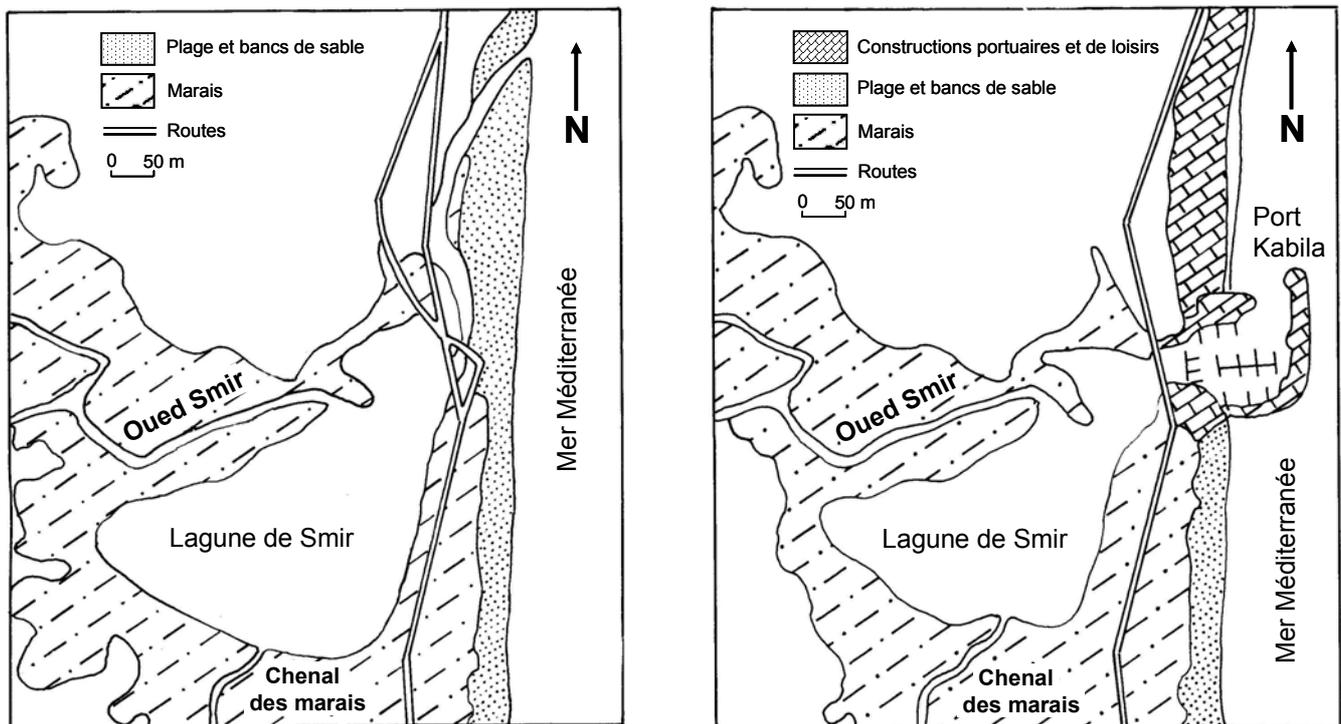


Figure 3. Comparaison de la configuration de la lagune et du littoral de Smir avant (à gauche) et après (à droite) la construction du port de plaisance de Kabila.

D'autre part, la ville commence à s'étendre de façon quasi anarchique avec une urbanisation galopante sans schéma d'aménagement ni harmonie architecturale. La mise en place des équipements nécessaires se fait souvent pour rattraper le retard devant une situation de 'fait accompli' et pour combler les lacunes. Les lotissements commencent à

se développer vers le nord en direction de la zone humide en empiétant sur les marais, et ne disposent pas d'un cadre adéquat pour l'installation des familles : absence de tout-à-l'égout, risques d'inondation et salubrité douteuse du milieu par la multiplication des rejets d'eaux usées (Bayed & El Agbani 2002).

DIVERSITÉ BIOLOGIQUE DE LA LAGUNE ET DES MARAIS AVANT LA MISE EN PLACE DES AMÉNAGEMENTS

Avant la construction du barrage et l'aménagement de la marina, plusieurs formes d'invertébrés dulçaquicoles (6 taxons) et marins (19 taxons) étaient connues (Aksissou 1997) (cf. Tab. III). La coexistence de ces formes était favorisée par le caractère estuarien de la lagune (classification de Postma 1969) permettant ainsi à chaque taxon de trouver son *preferendum* écologique, surtout en fonction de la salinité. Ce caractère hydrologique était également favorable à la diversité des poissons (*Anguilla*, *Gambusia*, muges) (Tab. III) qui utilisaient la lagune comme zone de frayère et lieu de transit et de reproduction pour les espèces migratrices diadromes, leur permettant de passer de la mer à la lagune puis au cours d'eau de Smir (Louah *et al.* 1993).

Les amphibiens (4 espèces) et reptiles (15 espèces) étaient connus de la vallée et des marais de Smir (Fahd, comm. pers.). Cette riche diversité herpétologique était renforcée par la présence de la loutre *Lutra lutra* (Louah *et al.* 1993), espèce de mammifères qui commence à se raréfier au Maroc (Aulagnier & Thévenot 1986).

La région avait une avifaune assez abondante et pas moins de 70 espèces étaient recensées (El Agbani & Dakki 2005), surtout pendant la période hivernale lorsque ce site pouvait héberger plus de 5000 individus en moyenne (période 1989-1991) composés principalement par 4500 Anatidés, 550 Foulques et un peu plus de 50 Milouins. Une dizaine d'espèces nicheuses étaient également connues de la région dont nous citons en particulier les oiseaux d'eau rares et/ou menacés tels que les hérons pourpré, bihoreau et crabier (El Agbani & Dakki 2005) (Tab. III).

La végétation supérieure était largement dominée par des phragmites, du jonc et des roseaux (Boukil 1986). Les espèces halophytes étaient peu répandues et se trouvaient principalement dans les zones à influence marine. Peu de données sont disponibles sur l'extension des macrophytes et des phanérogames marines qui fréquentaient la lagune avant 1990.

DIAGNOSTIC ÉCOLOGIQUE APRÈS LA RÉALISATION DES AMÉNAGEMENTS ET ÉVOLUTION À COURT TERME DE L'ÉCOSYSTÈME

Hydrologie

Les marais et la lagune de Smir et les zones environnantes dépendent à la fois des apports d'eaux douces du domaine continental et des échanges qui se réalisent à travers la communication avec la mer. Suite à la construction du barrage, l'Oued Smir n'alimente plus en eaux douces la lagune et les marais, sauf lors des lâchers de barrage. Son apport a été réduit de 98% ne représentant plus que 0,5 hm³/an (Stitou El Messari & Pulido-Bosch 1995). La construction de la marina par la destruction de la dune et le raccourcissement du canal reliant la lagune à la mer a rendu permanente la communication mer-lagune, surtout après la rupture d'une digue (sous le pont de la route nationale P28

reliant Tétouan à Sebta) qui était conçue pour réduire la pénétration des eaux marines dans la lagune. De ce fait, la lagune subit le flux et le reflux de la marée d'un mètre d'amplitude environ. Combinée avec le déficit en eaux douces, la communication permanente avec la mer a eu pour conséquence l'augmentation générale de la salinité dans le plan d'eau lagunaire et dans les marais. Le fonctionnement hydrologique de la lagune de Smir se trouve actuellement régi par les facteurs hydrodynamiques liés à la marée et aux apports d'eaux véhiculés par le chenal des marais, auxquels peuvent être ajoutés des facteurs physiques (évaporation intense), bathymétriques (faible profondeur) et physiologiques (photosynthèse importante des macrophytes et des phanérogames dans la lagune et dans les marais limitrophes).

Pour caractériser les échanges mer-lagune, d'une part et lagune-marais, d'autre part, deux stations hydrologiques ont été suivies durant l'année 2000 pour lesquelles ont été mesurés température, salinité, conductivité, pH et oxygène dissous (Fig. 4, Tab. IV).

Pendant le flot en hiver, l'eau marine (salinité de 36) pénètre par le goulet, envahit toute la lagune puis remonte 2 à 3 km en amont dans le chenal des marais et va ainsi conquérir les zones intérieures (Bayed & Chaouti 2001). Le suivi temporel de quatre paramètres hydrologiques au niveau du pont (Fig. 4a) et au niveau du chenal des marais (Fig. 4b) montre que le pH et l'oxygène dissous ont des évolutions parallèles avec la température et présentent des valeurs caractéristiques des eaux marines. La marée semble être le facteur qui contrôle le plus ces trois paramètres hydrologiques.

Pendant le jusant en hiver, le chenal des marais achemine vers la lagune des eaux oligohalines (salinité inférieure à 5) avec une température plus élevée que celle de la mer, une faible alcalinité (pH ne dépasse pas 8) et une faible oxygénation (3,7 à 6,5 mg/l) (Fig. 4c). Les eaux qui ont séjourné dans la lagune le temps d'une marée, sont en revanche plus salées et plus chaudes que les eaux qui ont traversé le goulet pendant le flot. Elles sont également bien oxygénées, suite à une photosynthèse intense, et sont plus salées en raison du phénomène d'évaporation dans les marais.

En hiver, les eaux marines entrées dans la lagune jouent un rôle de tampon en adoucissant la température des eaux continentales (15,2°C ± 0,9). Les eaux dans la lagune deviennent alors moins salées (salinité < 36), moins alcalines (7,9 < pH < 8.1) et relativement bien oxygénées (8,5 – 12,0 mg/l).

Pendant le jusant en été, les eaux quittant la lagune par le goulet sont plus salées et plus chaudes que celles qui l'ont traversé pendant le flot. Elles sont suivies par les eaux venant des marais qui sont encore plus chaudes et plus salées (salinité supérieure à 37). Ces eaux sont relativement bien oxygénées en rapport avec une photosynthèse intense.

Il est important de signaler que la diminution de la profondeur dans la lagune après les aménagements contribue, à présent, au réchauffement et refroidissement rapides des masses d'eaux en fonction du climat régnant,

d'où une influence prépondérante de la température aérienne sur la température de l'eau.

Hydrodynamique

L'étude du niveau de la mer et du sens de l'écoulement de l'eau entre la mer et la lagune a montré que pour un cycle de marée de vives eaux d'une période de 12 h 50 minutes, la vidange de la lagune dure 7 h 10, soit 45 mn de plus que

le jusant en mer (Fig. 5). La lagune met plus de temps à se vidanger qu'à se remplir. Ceci est à mettre en rapport avec la taille réduite de l'ouverture de la lagune, d'une part, et qui se trouve à un niveau bathymétrique plus élevé par rapport à celui du port, d'autre part. Pendant le flot, un décalage est observé également entre étale de pleine mer et début de vidange de la lagune, mais ne dépasse pas une vingtaine de minutes.

Tableau III. Analyse comparée de la biodiversité animale et végétale du complexe écologique de Smir avant et après les aménagements ; (+) présente, (-) absente, (?) présence douteuse. La liste des Amphibiens et Reptiles a été communiquée gracieusement par Dr S. Fahd.

	Avant 1995	Après 1995
Invertébrés dulçaquicoles	6 espèces signalées (Gastéropodes, Amphipodes et Décapodes)	-
Invertébrés marins	19 espèces signalées	42 espèces rencontrées
Amphibiens		
<i>Discoglossus pictus</i>	+	-
<i>Hyla meridionalis</i>	+	-
<i>Bufo mauritanicus</i>	+	+
<i>Rana saharica</i>	+	+
Reptiles		
<i>Chamaeleo chamaeleon</i>	+	-
<i>Acanthodactylus erythrurus</i>	+	-
<i>Testudo graeca</i>	+	?
<i>Timon tingitanus</i>	+	?
<i>Chalcides pseudostratus</i>	+	?
<i>Macroprotodon brevis</i>	+	?
<i>Mauremys leprosa</i>	+	+
<i>Tarentola mauritanica</i>	+	+
<i>Agama bibrioni</i>	+	+
<i>Podarcis hispanica</i>	+	+
<i>Psammotromus algirus</i>	+	+
<i>Blanus tangitanus</i>	+	+
<i>Coluber hippocrepis</i>	+	+
<i>Malpolon monspessulanus</i>	+	+
<i>Natrix maura</i>	+	+
Poissons	Anguille, muges, <i>Gambusia affinis</i>	Alevins uniquement
Oiseaux migrants		
Anatidés	4514 en 1989-91	1368 en 1992-95
Foulques	547 en 1989-91	100 en 1992-95
Milouins	62 en 1989-91	6 en 1992-95
Oiseaux recensés	Plus de 70 espèces	39 espèces
Oiseaux nicheurs	Spatule blanche (1-2 couples), Aigrette garzette, Crabier chevelu, Héron pourpré, Râle d'eau, Marouette de Baillon, Talève sultane, Foulque à crête, Ibis falcinelle	Spatule blanche (15 couples en 2000), Aigrette garzette, Héron garde bœuf, Bihoreau gris
Mammifères		
<i>Lutra lutra</i>	+	-
Végétation halophyte	+	+++
Extension des salicornes	+	+++
Extension des phragmites	+++	+
Extension du Jonc	+++	++
Extension des roseaux	+++	-

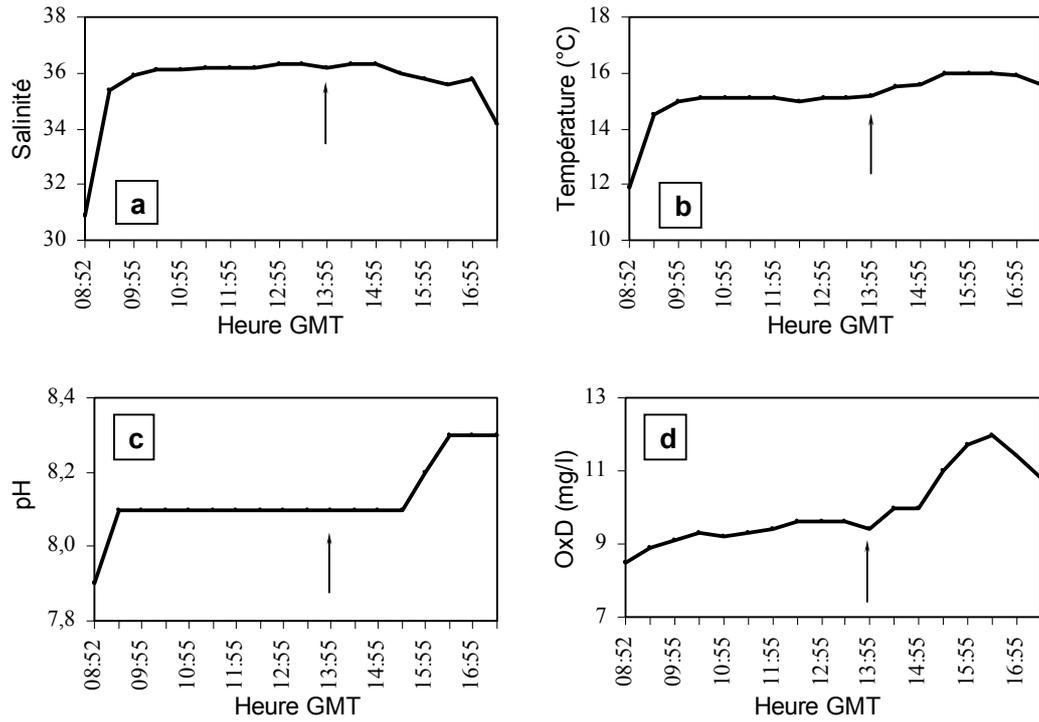


Figure 4a. Mesures de paramètres physico-chimiques de la lagune de Smir au niveau du pont en janvier 2000 (OxD, Oxygène dissous). Les flèches vers le haut indiquent l'étales de pleine mer.

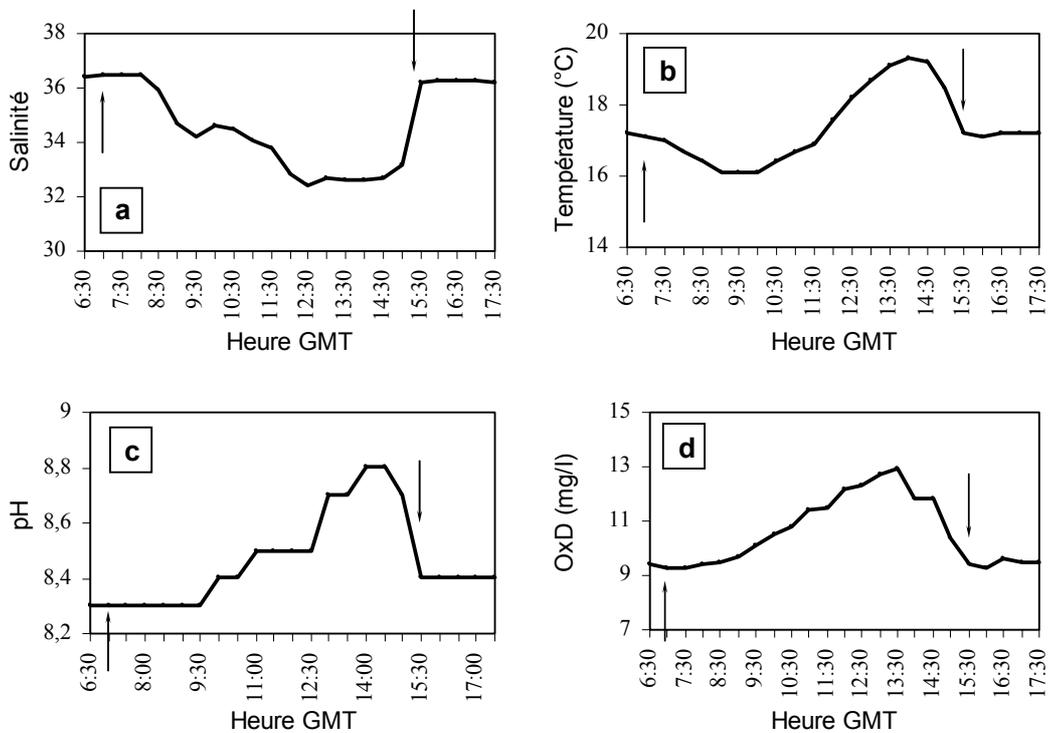


Figure 4b. Mesures de paramètres physico-chimiques de la lagune de Smir au niveau du pont en novembre 2000 (OxD, Oxygène dissous). Les flèches vers le haut indiquent l'étales de pleine mer, les flèches vers le bas, l'étales de basse mer.

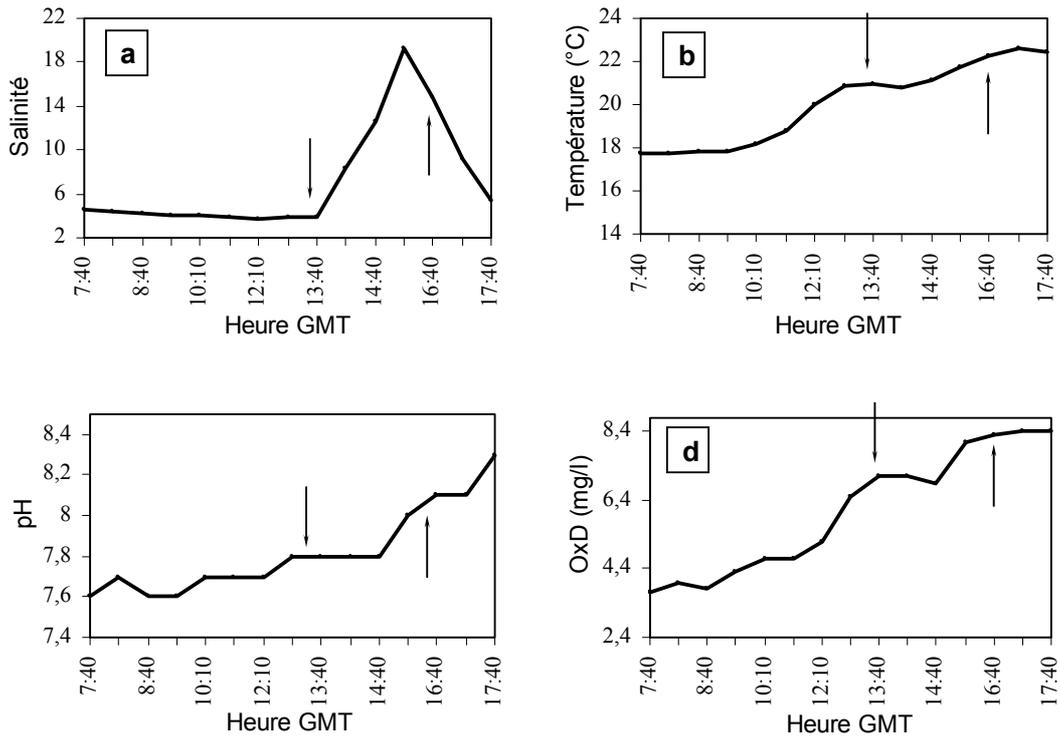


Figure 4c. Mesures de paramètres physico-chimiques de la lagune de Smir au niveau du chenal en mai 2000 (OxD, Oxygène dissous). Les flèches vers le haut indiquent l'étape de pleine mer, les flèches vers le bas, l'étape de basse mer.

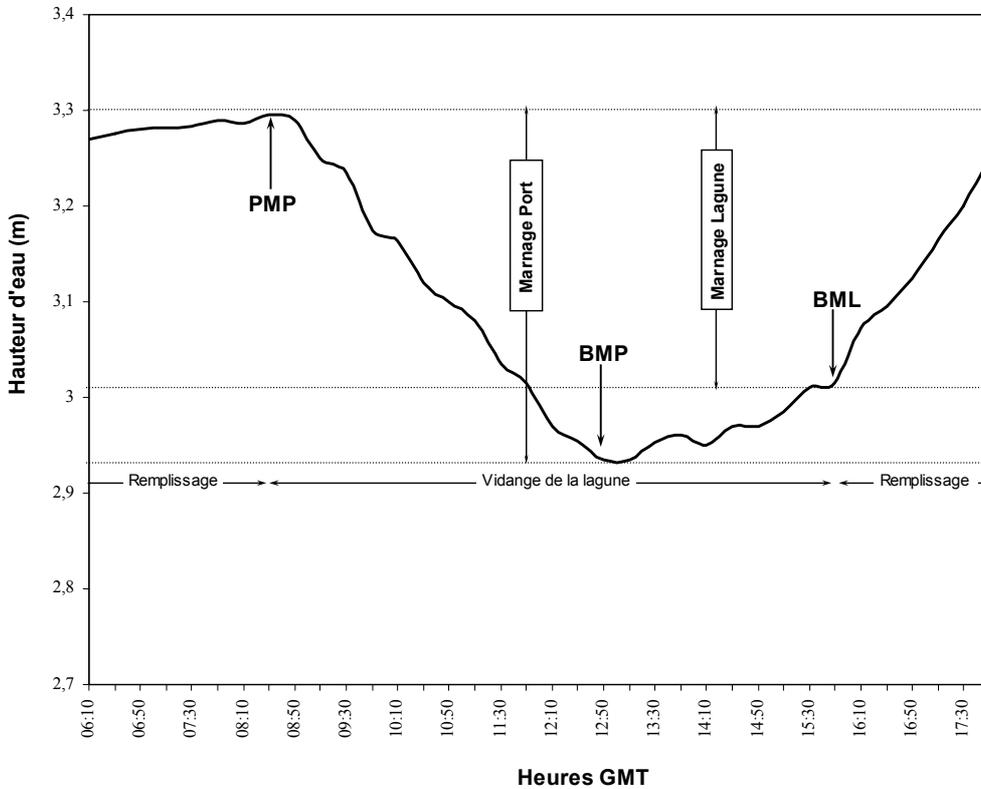


Figure 5. Courbe de variation du niveau de l'eau de mer enregistrée au milieu du port de plaisance de Kabila pendant une marée de vives eaux en novembre 2000. BMP, marée basse notée dans le port de plaisance ; BML, marée basse notée pour la lagune ; PM, pleine mer observée dans la lagune et dans le port.

Tableau IV. Caractéristiques synthétiques de quelques paramètres hydrologiques obtenus durant l'année 2000 à des distances croissantes de la mer. Entrée (embouchure) et milieu de la lagune et chenal des marais.

	Paramètres hydrologiques	Minimum	Maximum	Moyenne annuelle
Entrée de la lagune	Température (°C)	11,9	26,1	18,07
	Salinité	30,9	37,9	35,86
	Conductivité (ms/cm)	50,1	57,8	55,26
	pH	7,9	8,8	8,2
	Oxygène dissous (mg/l)	6,3	12,9	9,15
lagune	Température (°C)	11,9	31,7	19,5
	Salinité	7,8	40,9	33,7
	Conductivité (ms/cm)	14	61,0	51,7
	pH	8,0	9,0	8,37
	Oxygène dissous (mg/l)	4,1	17,4	12,05
Chenal	Température (°C)	11,8	24,3	18,35
	Salinité	3,7	19,2	5,9
	Conductivité (ms/cm)	4,5	24,4	10,35
	pH	7,6	8,5	8,0
	Oxygène dissous (mg/l)	3,7	9,5	7,1

Peuplements benthiques

De par sa position dans les écosystèmes marins côtiers, le macrobenthos est un matériel de choix pour appréhender les fluctuations qui touchent les conditions du milieu et les perturbations qui affectent à la fois la colonne d'eau et le sédiment (Dauvin 1993). Au niveau de la lagune de Smir, le macrozoobenthos est utilisé pour évaluer l'impact de la marinisation de l'écosystème sur la biodiversité. Quarante deux espèces y ont été recensées entre 1999 et 2000 (Chaouti 2003, Chaouti & Bayed 2005). Un cortège faunistique classique commun aux milieux lagunaires (Amphipodes, Isopodes, Polychètes, Gastéropodes, Bivalves,...) apparaît dans les différents habitats lagunaires. Il y a une suprématie des Crustacés qui représentent 34% des espèces et 90% des individus, avec une dominance toute particulière de quatre espèces : *Cyathura carinata*, *Sphaeroma hookeri*, *Melita palmata* et *Corophium acherusicum*.

L'analyse de la richesse spécifique (S), abondance (A) et indices de diversité (H' et J') montre qu'il y a une faible structuration spécifique. La faible valeur de l'indice de diversité (H' inférieur à 3 bits) notée dans la lagune est caractéristique des peuplements paucispécifiques présents dans les milieux lagunaires à salinité variable. Le nombre restreint d'espèces pilotes du macrozoobenthos (forts effectifs constituant plus de 85% de l'abondance totale) permet de rapprocher le peuplement de la lagune de Smir de celui des milieux qui se trouvent sous des contraintes de l'environnement (Blondel 1979). Considérant la maturité du peuplement au sens de Frontier (1976), le peuplement de ce site est considéré parmi les peuplements juvéniles en début de maturité et à faible diversité (Chaouti & Bayed 2005). D'autre part, Les espèces composant ce peuplement sont d'origine marine et présentent de larges spectres écologiques.

Les périodes automne-hiver et fin printemps paraissent être plus favorables à l'installation de nouvelles espèces dans la lagune et renforcent ainsi le contingent des espèces constantes. En revanche, l'été limite les espèces dont le nombre reste en général bien inférieur à la moyenne annuelle (8 espèces \pm 2,1) (Chaouti 2003). L'évolution de

l'abondance montre de fortes amplitudes de variation. Les périodes mai-septembre 1999 et juillet-novembre 2000, accusaient de faibles valeurs (1250 ind./m² \pm 546). Décembre 1999 et mai 2000 semblent être les périodes les plus favorables et sont caractérisés par deux pics (4500 ind./m² \pm 4728 et 3800 ind./m² \pm 5318). L'abondance et la richesse spécifique ne montrent pas de gradients évidents entre l'amont et l'aval. Ceci est à mettre en rapport avec le cortège assez important de crustacés qui constituent la majorité de la macrofaune de Smir. Ils appartiennent à l'épifaune vagile qui est tout le temps déplacée (activement et/ou passivement) dans les différentes zones de la lagune.

Activités humaines

La retenue des eaux de l'Oued Smir par le barrage a réduit la surface inondable des marais, ce qui a conduit les riverains à assécher les terrains pour y pratiquer des cultures maraîchères pour lesquelles ils utilisent des engrais et luttent contre les maladies par des produits phytosanitaires et des pesticides. Ces produits polluants aboutissent inévitablement dans les marais, puis regagnent la lagune et la mer. La pratique de l'élevage ayant évolué de l'extensif, avec des races locales qui pouvaient pâturer dans les marais, à l'intensif basé sur des races laitières élevées dans des étables (Khattabi & Sefriti 2005). Ces dernières se multiplient autour et au milieu des marais. Plusieurs pistes surélevées en digues sont régulièrement installées pour atteindre les étables et les maisons secondaires. Ces digues, construites à partir de la route nationale P28, coupent transversalement les marais réduisant ainsi les échanges d'eaux entre différents secteurs des marais et notamment ses parties nord et sud.

L'extension des cultures aux dépens des habitats naturels et surtout ceux participant à l'épuration des eaux fait perdre à l'écosystème une partie de sa fonction de dépollution. De plus, le milieu se trouve enrichi en produits azotés provenant de l'agriculture et l'élevage qui participent ainsi à l'eutrophisation du milieu. Or, les marais de Smir constituent une zone humide qui joue, entre autres, un rôle dans l'épuration des eaux usées rejetées dans la partie sud des marais. Cette fonction écologique primordiale permet la décantation de la matière organique, le piégeage des nitrates

et l'oxygénation de l'eau avant son arrivée dans la lagune puis en mer. La zone humide de Smir reçoit plus de 215.000 m³/an d'eaux usées qui sont épurées naturellement. Si ces eaux doivent être traitées dans une station d'épuration par des procédés chimiques, cela coûterait plus de 316.000 dirhams/an (Khattabi & Sefriti 2005) sans prise en compte ni du coût de construction de l'infrastructure, ni du coût lié à son fonctionnement. Parmi les habitats qui participent à l'épuration des eaux, les roselières sont connues pour leur efficacité dans la réduction de la teneur en nitrates des eaux qui les traversent (Skinner & Zalewski 1995). D'autres essences de végétation présents dans les marais de Smir participent à la décontamination et la dépollution des rejets liquides et une étude est en cours actuellement pour déterminer leur performance respective dans l'épuration des eaux (Ater, com. pers.).

L'irrigation de ces cultures se fait par pompage de la nappe phréatique. Ceci a pour conséquence une baisse continue du niveau piézométrique de la nappe accentuée par la réduction de son alimentation par l'Oued Smir et par les eaux de ruissellement, d'autant plus que la sécheresse est de plus en plus fréquente et sévère. Les mesures de salinité que nous avons effectué pendant l'année 2000 dans une trentaine de puits jouxtant les marais et la lagune n'ont pas montré de contamination saline. Mais si le pompage se maintient à un niveau élevé, il y aura très probablement intrusion de la nappe souterraine d'eau salée en remplacement de celle d'eau douce surexploitée (Skinner & Zalewski 1995).

CONCLUSION

Parmi les aménagements qui ont touché la zone de l'Oued Smir, la construction du barrage et l'implantation de la marina ont été sans doute le départ d'une série de conséquences qui ont progressivement changé la typologie du complexe écologique des marais et de la lagune de Smir. Ici se pose avec acuité le concept de développement durable. L'eau, élément vital, se trouve dans ce complexe lagunaire sous différentes caractéristiques et origines (eaux douces de l'Oued Smir, eaux pluviales, eaux de ruissellement, eaux marines et eaux usées) et occupent différents compartiments qui se comportent, cependant, comme des vases communicants. Au terme de cette étude, il est possible d'affirmer que parmi les impacts anthropiques qui affectent les compartiments vitaux des marais et de la lagune de Smir, ceux qui touchent à l'eau sont, en général, les plus lourds de conséquences.

Il est incontournable de relever aussi que la construction du barrage est une nécessité suprême compte tenu du rôle de l'eau potable dans la vie des populations de toute cette région. Cependant, l'effet rétention de l'eau a été accentué par l'implantation de la marina et qui s'est caractérisé par la modification radicale du régime hydrologique de la lagune et des marais. Si en termes d'économie des systèmes écologiques, il était possible de mesurer, de chiffrer et de confronter entre perte des fonctions et des valeurs de la zone humide et rentabilité et profit de la marina, il est fort probable que l'on aurait considéré le facteur environnemental avec une grande acuité avant la réalisation de tels projets d'aménagement.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet MECO financé par l'Union Européenne INCO-DC 4^{ème} FP Contrat ERB-IC18-CT-98-0270 (1999-2001).

Références

- Aksissou M. 1989. *Dynamique des populations de deux Talitridae du littoral septentrional du Maroc (Talitridae spinifera M. dans l'estuaire du Sebou et Orchestia gammarellus P. dans le lac Smir)*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Mohammed V, Fac. Sci., Rabat, 202 p.
- Aksissou M. 1997. *Dynamique des populations d'Orchestia gammarellus (Pallas, 1766) – Crustacea, Amphipoda, Talitridae – du littoral méditerranéen du Maroc occidental et impact des aménagements*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Abdelmalek Essaadi, Fac. Sci., Tétouan, 145 p.
- Aulagnier S. & Thevenot M. 1986. Catalogue des mammifères sauvages du Maroc. *Trav. Inst. Sci.*, Série Zoologie, 41, 163 p.
- Bayed A. & Chaouti A. 2001. Caractérisation physico-chimique des eaux de la lagune de Smir en été. *Rapports de la CIESM*, 36, p. 356.
- Bayed A. & El Agbani M.A. 2002. Les marais de Smir : un milieu fragile d'intérêt remarquable ; In : Scapini F. (ed.) - *Baseline research for the integrated sustainable management of Mediterranean sensitive coastal ecosystems. A manual for coastal managers, scientists and all those studying coastal processes and management in the Mediterranean*, Istituto Agronomico per l'Oltremare, Firenze, pp. 98-106.
- Blondel J. 1979. *Biogéographie et écologie*. Masson ed., Paris. 221 p.
- Boukil A. 1986. *Etude et cartographie des groupements végétaux et possibilités de reboisement dans la lagune de Oued Smir dans un but d'aménagement forestier*. Rapport du Centre régional des inventaires et des aménagements des forêts et des bassins versants, Tétouan, 84, 25 p.
- Chaouti A. 2003. *Biotypologie du macrozoobenthos de la lagune méditerranéenne de Smir : analyses spatiale et spatio-temporelle*. Thèse Doctorat, Université Mohammed V, Fac. Sci., Rabat, 302 p.
- Chaouti A. & Bayed A. 2005. Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune Méditerranéenne de Smir (Maroc). In : Bayed A. & Scapini F. (Eds) – *Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée : cas du littoral de Smir*. *Trav. Inst. Sci.* série générale, 4, 31-40.
- Chaouti A., Bayed A. & Benazzou T. 2001. Données préliminaires sur la diversité spécifique et fonctionnelle du zoobenthos de la lagune de Smir (Maroc). *Rapports de la CIESM*, 36, 372.
- Dakki M. & Hamzaoui M. 1998. *Les zones humides du Maroc : Rapport national*. Rapp. Inédit, MedWet 2, Bureau Ramsar/Administration des Eaux & Forêts et de la Conservation du sol, Maroc, 33 p.
- El Agbani M.A. & Dakki M. 2005. Importance ornithologique du complexe des zones humides de la région de Smir. In : Bayed A. & Scapini F. (Eds) – *Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée : cas du littoral de Smir*. *Trav. Inst. Sci.* série générale, 4, 63-66.
- Frontier S. 1976. Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. océanogr.*, 1, 3, 35-48.
- Khattabi A. & Sefriti A. 2005. Aspects socio-économiques de la zone humide de Restinga-Smir. In : Bayed A. & Scapini F. (Eds) – *Ecosystèmes côtiers sensibles de la Méditerranée :*

- cas du littoral de Smir. Trav. Inst. Sci. série générale*, 4, 91-99.
- P.N.U.E. 1990. *Etude d'impact sur l'environnement du port de plaisance de Kabila*. Rapport Programme d'Actions Prioritaires, Plan d'Action pour la Méditerranée et Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 95p.
- Louah A., Saoud Y. & Ramdani M. 1993. Recherches hydrobiologiques et écologiques sur le complexe des marais de Restinga-Smir : une contribution à la connaissance faunistique et écologique ; In : Berriane M. & Laouina A. (Eds) - *Aménagement littoral et évolution des côtes : l'environnement des côtes marocaines en péril*. Publication du Comité National de Géographie du Maroc, pp. 35-40.
- Pearce F. & Crivelli A.J. 1994. *Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes*. Publ. MedWet / Tour du Valat, n°1, Tour du Valat, Arles (France), 88 p.
- Postma H. 1969. Chemistry of coastal lagoons; In Ayala-Castanares A. & Phleger F.B. (eds.) - *Lagunas costeras, Simposio, Mem. Simp. Inter.* Lagunas costeras, UNAM/ UNESCO, novembre 28-30, 1969, Mexico, pp. 421-430.
- Skinner J. & Zalewski S. 1995. *Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéenne*. Publ. MedWet / Tour du Valat, n° 2, Tour du Valat, Arles (France), 78 p.
- Stitou El Messari J.E. 1995. *Contribution à la connaissance hydrogéochimique des aquifères côtiers Martil-Alila, Oued Laou et Smir*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Abdelmalek Essaâdi, Fac. Sci., Tétouan, 160 p.
- Stitou El Messari J.E. & Pulido-Bosch A. 1995. Impacts anthropiques sur l'aquifère alluvial de Smir (Tétouan, Maroc). *Hydrogéologie*, 3, 39-46.

Manuscrit reçu le 23 juillet 2003