

Caractéristiques hydrologiques et écologiques de la lagune de Oualidia, milieu paralique de la côte atlantique marocaine

*Hydrological and ecological characteristics of the Oualidia Lagoon,
a paralic site on the Atlantic Coast of Morocco*

Nadia Rharbi*, Mohammed Ramdani**, Abdellatif Berraho***, Abdeljaouad Lakhdar Idrissi***

*Faculté des sciences, Ain Chok, Casablanca, Maroc

**Institut scientifique, DZEA, BP 703, Rabat, Maroc

***Institut national de recherche halieutique, Casablanca, Maroc

Mots clés : milieu paralique, typologie, hydrologie, lagune de Oualidia, côte atlantique, Maroc.

Key-words: paralic site, typology, hydrology, Oualidia Lagoon, Atlantic Coast, Morocco.

RÉSUMÉ

Rharbi N., M. Ramdani, A. Berraho, A. Lakhdar Idrissi – Caractéristiques hydrologiques et écologiques de la lagune de Oualidia, milieu paralique de la côte atlantique marocaine. Mar. Life, **11** (1-2) : 3-9.

La lagune de Oualidia, en raison de son importance économique et touristique, a fait l'objet d'une étude hydrologique et écologique visant à dresser l'état actuel de son fonctionnement et caractériser les différentes zones de ce milieu paralique. Le suivi régulier de l'évolution saisonnière des paramètres mesurés au niveau de neuf stations réparties sur toute l'étendue de la lagune, a permis d'établir la typologie de ce site. Ce milieu se subdivise en trois zones : (i) la zone aval, s'étalant sur 2,5 km à marée basse et sur 4 km à marée haute, se montre nettement influencée par la mer (apport d'éléments phosphatés, faibles variations de température et de salinité) ; (ii) la zone amont qui s'étend sur 1,5 km environ à marée haute et sur 3 km à marée basse, se trouve très confinée et présente un réservoir d'éléments azotés, de matières en suspension et de matières organiques ; (iii) la zone intermédiaire subit à la fois l'influence marine et l'influence continentale.

ABSTRACT

Rharbi N., M. Ramdani, A. Berraho, A. Lakhdar Idrissi – [Hydrological and ecological characteristics of the Oualidia Lagoon, a paralic site on the Atlantic Coast of Morocco]. Mar. Life, **11** (1-2) : 3-9.

Due to the economic and touristic importance of the Oualidia Lagoon, an ecological and hydrological study was carried out at this site. The objective of this study is to determine the current state of the lagoon functioning as well as to distinguish the different components of this paralic area. Monitoring patterns of change in seasonal parameters measured for nine stations covering the whole lagoon has provided a basis for establishing the typology of this site. This area can be divided into three zones: (i) the lower zone which ranges from 2.5 km at low tide to 4 km at high tide, seems to be strongly influenced by the sea (presence of phosphate elements, low variations of temperature and salinity); (ii) the upper zone which ranges from 1.5 km at high tide to 3 km at low tide, looks much more confined and presents a pool for the nitrogen elements, suspended particles and organic matter as well; (iii) the intermediary zone appears to be under both marine and continental influences.

INTRODUCTION

Depuis les années 1950, la lagune de Oualidia est devenue le principal centre d'ostréiculture traditionnelle au Maroc, alimentant le marché national en huîtres et attirant de nombreux touristes. Ces activités assurent la subsistance d'une cinquantaine de familles. La

superficie exploitée est d'environ un kilomètre carré, répartie entre cinq parcs. La production annuelle moyenne est estimée à 250 tonnes.

Compte tenu de l'importance économique et touristique de Oualidia, une meilleure connaissance de l'organisation écologique de cette lagune s'avère nécessaire afin d'améliorer et de rationaliser la gestion des ressources aquacoles de ce site ostréicole.

Plusieurs études ont déjà été réalisées sur la lagune de Oualidia et ont permis d'appréhender son hydrologie et sa sédimentologie ainsi que la croissance des huîtres en élevage. Cependant, le découpage de cette lagune en compartiments à caractères hydrologiques et écologiques bien établis, s'avère opportun afin de compléter les études susmentionnées. À cet effet, l'étude typologique de la lagune présentée ci-après, a été entreprise sur la base de mesures mensuelles des paramètres physico-chimiques, durant un cycle annuel et au niveau de neuf stations, réparties sur toute la lagune, depuis la mer (station de référence) jusqu'à la partie amont (station 8).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une première analyse en composantes principales (ACP) des données issues des mesures physico-chimiques, concerne l'ensemble des stations mesurées à marée haute. Une deuxième analyse est élaborée à partir des prélèvements réalisés à marée basse, dans les mêmes stations, à l'exclusion de la station S8 qui se trouve complètement exondée durant cette marée. Les mêmes paramètres ont été retenus pour les deux analyses.

Description du site

La lagune de Oualidia (figure 1) est située à 76 km au sud d'El Jadida (côte atlantique). Elle s'étale sur 7 km de longueur et 400 mètres de largeur en moyenne, soit une superficie de 3 km². Elle communique en permanence avec l'océan par une passe principale de 150 m de large et une passe secondaire active en pleine mer de vives eaux.

Ce milieu lagunaire est parcouru par un réseau de petits chenaux reliés au chenal principal qui s'étend sur 6,5 km. Durant la marée basse, les trois quarts du chenal principal restent immergés. L'aval se distingue par une vaste sablière submergée uniquement en pleine mer de vives eaux. L'amont est plus riche en plantes halophiles installées sur un substrat vaseux.

Le régime hydrologique est lié au rythme des marées semi-diurnes et le renouvellement des eaux est assuré par l'apport d'eau de mer qui envahit la totalité de la lagune à marée haute. Carruesco (1989) admet que le pourcentage des eaux renouvelées se situe autour de 72%. Les vitesses du courant vont de 0,5 m.s⁻¹, en mortes eaux, à 1 m.s⁻¹, en vives eaux (Sabatie, Shafee, 1982). Beaubrun (1971) estime que les vitesses en amont sont relativement faibles et que celles du flot sont plus grandes que celles du jusant.

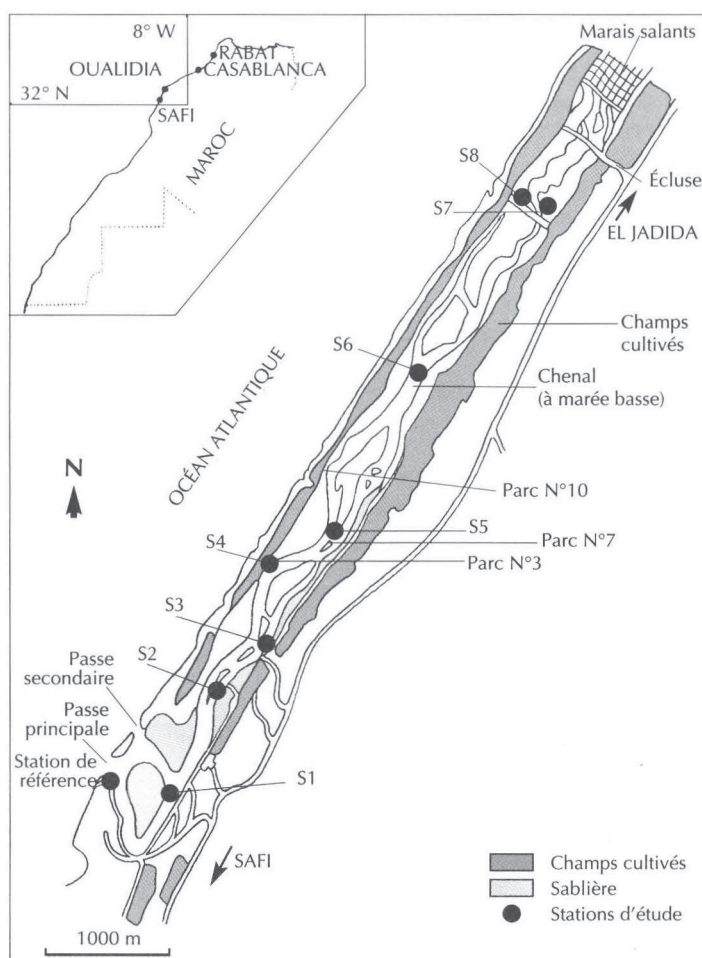


Figure 1 - Localisation des stations dans la lagune de Oualidia. / Location of stations in the Oualidia Lagoon.

Choix des stations hydrologiques

Les prélèvements mensuels de l'eau à analyser ont été effectués dans neuf stations (figure 1) durant un cycle annuel : d'août 1995 à septembre 1996. Ces points de prélèvements sont échelonnés le long du chenal principal de la lagune depuis la passe (aval) jusqu'aux salines (amont). Une station de référence, située au niveau de l'océan en face de la plage (près de la passe principale), permet d'évaluer l'influence de la mer sur le milieu paralique. L'échantillonnage est réalisé à marée basse et à marée haute, en surface et en profondeur. Ainsi, quatre relevés par station ont été effectués durant 11 mois, ce qui porte le nombre de prélèvements à 44 par station. La station S8 est submergée uniquement à marée haute.

Les paramètres descripteurs retenus pour la typologie

Afin de compléter les travaux antérieurs portant sur cette lagune (Beaubrun, 1971 ; Sabatie, Shafee, 1982 ; Mardhi, Meliani, 1984 ; Williams, M'kadmi, 1985 ; Elbouzaïdi, 1986 ; El guarti, 1987) et pour mieux comprendre le fonctionnement de cet écosystème, sept paramètres physico-chimiques ont été choisis pour caractériser le complexe lagunaire de Oualidia. Il s'agit de la température de l'eau (T), la salinité (S), l'oxygène dissous (O_2), les matières en suspension dans l'eau (MES), les nitrates (NO_3), les nitrites (NO_2) et les phosphates (PO_4). Ces descripteurs ont été mesurés dans chaque station durant 11 mois.

Les méthodes d'analyses de ces paramètres au laboratoire ont été décrites par Aminot, Chaussepied (1983). Les dosages ont été réalisés au Laboratoire d'océanographie de l'INRH (Casablanca).

Analyse des données

L'étude typologique de la lagune a pour but de faire ressortir les différents groupements de stations de la lagune et déterminer les affinités réciproques des paramètres et des habitats. Elle permet d'établir une classification des secteurs.

Ainsi, pour obtenir une image synthétique de l'ensemble des variations quantitatives des paramètres physico-chimiques dans le temps (11 mois) et dans l'espace (9 stations), la principale technique de traitement des données a été l'analyse en composantes principales (ACP). L'ACP sera appliquée à l'ensemble des stations mesurées durant la marée haute et à l'ensemble des stations mesurées à marée basse avec les mêmes paramètres.

À partir de la matrice des données constituée de "n" stations retenues et de "p" paramètres physico-chimiques, l'analyse multivariée positionne dans un espace à "N" dimensions les stations, les unes par rapport aux autres, en fonction de la qualité de l'eau. De même, les paramètres sont classés en fonction de leurs profils quantitatifs dans les différents secteurs étudiés.

Le nuage de points ainsi obtenu détermine un système hiérarchique d'axes factoriels dont les orientations respectives maximisent successivement les distances entre les projections des points sur l'axe. Ces axes (ou descripteurs) sont classés suivant leur taux d'inertie.

Le premier axe, auquel correspond le taux d'inertie le plus élevé, visualise au mieux les traits les plus caractéristiques de l'organisation matricielle générale ; les axes suivants évaluent des différences moins importantes entre les paramètres physico-chimiques qu'il conviendra éventuellement d'interpréter à l'aide de variables complémentaires.

Dans cette étude, seuls les paramètres physico-chimiques à intérêt écologique ont été intégrés en raison des techniques d'analyses par des méthodes standard qui sont suffisamment poussées pour permettre d'obtenir des résultats fiables. Notons également que les variations de ces paramètres sont plus ou moins liées à la périodicité saisonnière des mouvements de la mer. D'autres paramètres, par contre, présentant de fortes fluctuations dans l'espace et dans le temps, sans être liés à une périodicité quelconque, n'ont pas été pris en compte.

Tableau I - Codification des différents prélèvements durant la période d'étude. / *Codification of the various samples collected during the study period.*

	Stations								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Référence
Août	1	12	23	34	45	56	67	78	89
Septembre	2	13	24	35	46	57	68	79	90
Octobre	3	14	25	36	47	58	69	80	91
Décembre	4	15	26	37	48	59	70	81	92
Janvier	5	16	27	38	49	60	71	82	93
Mars	6	17	28	39	50	61	72	83	94
Avril	7	18	29	40	51	62	73	84	95
Mai	8	19	30	41	52	63	74	85	96
Juin	9	20	31	42	53	64	75	86	97
Juillet	10	21	32	43	54	65	76	87	
Août	11	22	33	44	55	66	77	88	

À chaque couple paramètre-station est associée la valeur de la concentration relevée (tableau I). Chaque station est représentée par 11 valeurs correspondant au nombre de mois de prélèvements.

RÉSULTATS

Typologie du complexe lagunaire à marée haute

Le nombre d'observations est de 97 et le nombre de paramètres est de 7. Seuls les deux premiers axes factoriels sont conservés et expriment 72,4% de l'information contenue dans la matrice des données (tableau II).

Les valeurs propres sont élevées, ce qui explique une bonne diagonalisation des données sur chaque axe et indique un assez bon recouvrement entre les images des stations et les paramètres. Ceci explique une bonne représentation sur le premier plan représenté par les axes 1 et 2 (figure 2).

L'axe 1 exprime une opposition nette entre les stations à fortes salinités et basses températures et les stations à faibles salinités et fortes températures. Le cercle des corrélations montre que cet axe exprime également un gradient de matières en suspension, d'oxygène dissous, de nitrites et de nitrates qui sont corrélés négativement à la salinité. L'axe 2 exprime un gradient des orthophosphates.

L'analyse de la figure 2 montre une hiérarchisation des neuf stations formant deux groupements principaux :

- le groupement I est constitué des deux stations en amont : S7 et S8 (de 67 à 88). Ces deux milieux se distinguent par de fortes températures durant le printemps et l'été, et de faibles salinités influencées par l'alimentation en eau douce à partir des résurgences et des eaux de ruissellement, lors de la période pluvieuse. Comparativement aux autres stations, l'influence marine reste faible dans cette zone, durant les marées hautes. La station S6 (de 56 à 66) présente des variations moins importantes que les stations S7 et S8, ce qui lui donne une position intermédiaire entre les deux groupements ;
- le groupement II est constitué de la station de référence située au niveau de l'océan en face de la passe de la lagune (de 89 à 97), et des stations S1, S2, S3, S4 et S5. La station de référence par sa forte salinité durant l'année ($S > 35$) et par ses températures fraîches, occupe le noyau de ce groupement. En effet, les eaux de mer se caractérisent par de faibles teneurs en nitrates et nitrites et sont moins chargées en matières en suspension. Les stations les plus proches de la passe sont plus influencées par les eaux marines durant la phase de marée haute. Les eaux influencées par la continentalité se trouvent cantonnées en amont avec une limite plus ou moins franche au niveau de la station S6.

Typologie du complexe lagunaire à marée basse

La matrice est formée de 86 observations (la station S8, exondée, a été écartée ; d'où la disparition des numéros 78 à 88 sur la figure 3). Seuls les deux premiers axes factoriels sont conservés représentant 65,7% de l'information contenue dans la matrice des données (tableau 3).

Les corrélations obtenues (figure 3) entre les différents paramètres sont proches de celles obtenues à marée haute. L'axe 1 exprime l'opposition des stations à fortes salinités et basses températures aux stations de faibles salinités et de fortes températures. Il exprime également un gradient positif de matières en suspension, d'oxygène dissous, de nitrites et de nitrates qui sont corrélés négativement à la salinité (figure 3). L'axe 2 exprime un gradient négatif des orthophosphates.

La figure 3 schématise une hiérarchisation progressive de l'aval vers l'amont entre les huit stations. Cette représentation fait apparaître également deux groupements principaux :

- le groupement I est formé des trois stations en amont : S5, S6 et S7 (de 45 à 77). À marée basse, ces milieux se distinguent par des températures élevées (20 à 28°C) durant la période printemps-été et par de faibles salinités influencées par l'alimentation en eau douce à partir des résurgences et des eaux de ruissellement lors de la période pluvieuse. L'influence marine est moins ressentie dans cette partie de la lagune durant la phase de la marée basse. La station S4 (de 34 à 44) présente des variations moins importantes que les stations S5, S6 et S7, ce qui lui donne une position chevauchante entre les deux groupements ;
- le groupement II réunit la station de référence (de 89 à 97) et les stations S1, S2 et S3. Les données sur la station de référence, en raison de sa forte salinité durant l'année ($S > 35$) et de ses températures fraîches (14 à 18°C), se trouvent dans la partie extrême de ce groupement. Les stations en aval (S1, S2 et S3) restent toujours influencées par les eaux marines durant la phase de la marée basse en dépit du retrait important des eaux. Les eaux influencées par la continentalité (riches en nitrates, nitrites et matières en suspension) se trouvent confinées en amont avec une limite plus ou moins franche au niveau de la station S4.

DISCUSSION

Les résultats montrent que ce milieu paralique s'organise en trois zones :

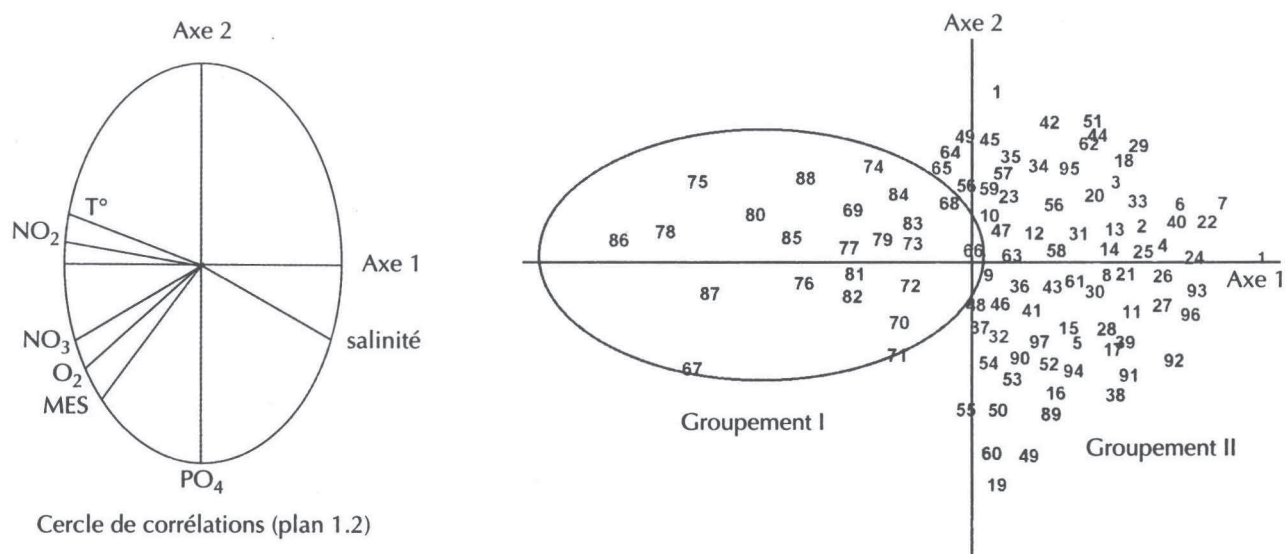
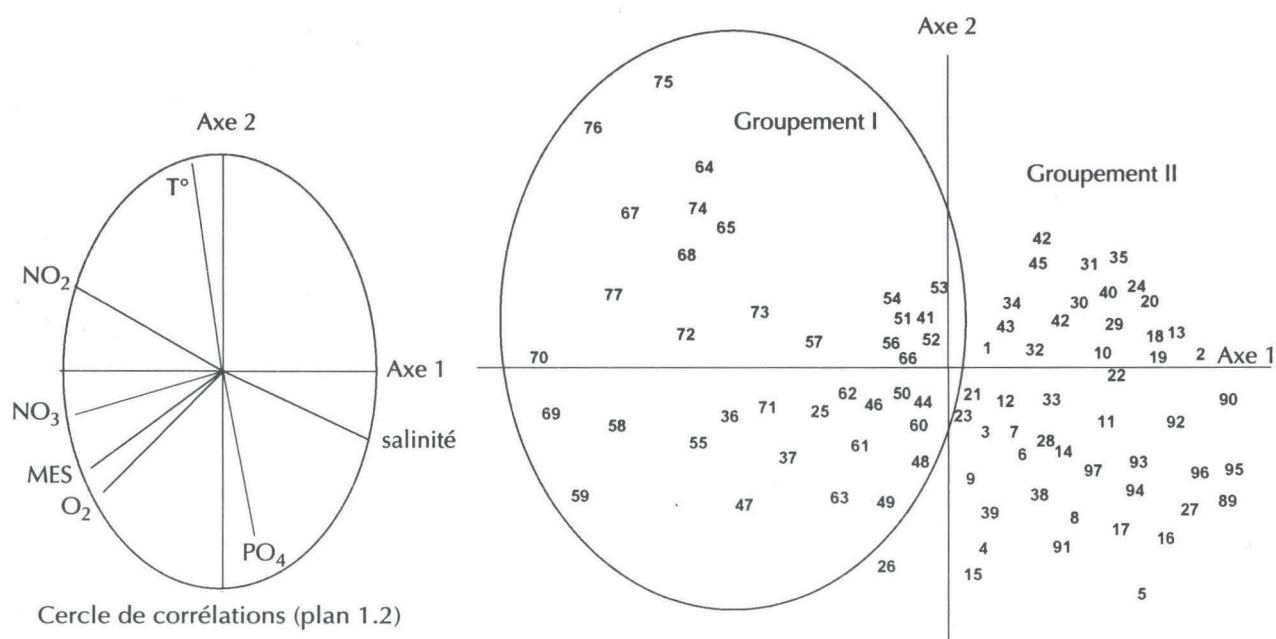
- La zone située en aval s'étale sur 2,5 km à marée basse (stations S1, S2 et S3) et sur 4 km à marée haute (stations S1, S2, S3, S4 et S5) et montre une nette influence marine. Les températures sont comprises entre 14 et 18°C ; quant aux salinités, elles dépassent 34. Les eaux montrent des teneurs relativement faibles en nitrites et nitrates et des teneurs élevées en phosphate inorganique (valeurs souvent supérieures à 200 µg.L⁻¹).

Tableau II - Marée haute : valeurs propres et pourcentages expliqués par les deux premiers axes. / *High tide: real values and percentages explained by the first two axes.*

Axes	Valeurs propres	Contribution à la variation totale	Inertie cumulée
F1	4,024	57,5%	57,5%
F2	1,045	14,9%	72,4%

Tableau III - Marée basse : valeurs propres et pourcentages expliqués par les deux premiers axes. / *Low tide: real values and percentages explained by the first two axes.*

Axes	Valeurs propres	Contribution à la variation totale	Inertie cumulée
F1	3,044	43,5%	43,5%
F2	1,553	22,2%	65,7%

Figure 2 - Structure typologique des stations à marée haute. / *Typological structure of stations at high tide.*Figure 3 - Structure typologique des stations à marée basse. / *Typological structure of stations at low tide.*

Ces stations s'organisent dans le plan formé par les axes 1 et 2 selon deux sous-groupements :

- le premier sous-groupement, constitué de la station de référence et de S1, est sous l'influence directe de la mer. Le haut fond sableux (sablière) est constitué de sables fins coquilliers bien calibrés et souvent pauvres en matières organiques (Bidet, Carruesco, 1982 ; Sarf, 1993). Ce site est dépourvu de végétation, la faune benthique est réduite à quelques groupes zoologiques, notamment les échinodermes, les cnidaires et les mollusques ;
- le deuxième sous-groupement réunit, à marée basse, les stations S2 et S3 et, à marée haute, les stations S2, S3, S4 et S5. L'influence marine demeure marquée à ce niveau. Ceci résulte d'un hydrodynamisme fort se traduisant par l'homogénéisation des masses d'eau sur une longue distance. En effet, cette zone couvre à marée haute une grande partie de la lagune. Le substrat est sablo-vaseux avec une dominance de sable au niveau de S2 et une dominance de vase en S5. De nombreux galets sont éparpillés dans cette zone, permettant la fixation de nombreuses espèces d'algues marines. La végétation algale est composée d'*Enteromorpha compressa*, *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva lactuca*, formant des touffes isolées. Les phanérogames marines, *Cymodocea nodosa* et *Zostera nana* tapissent le fond et les berges du chenal et constituent de vastes prairies. Cet herbier abrite une faune benthique plus diversifiée composée d'annélides polychètes, de crustacés (amphipodes, isopodes et brachiopodes) et de mollusques (bivalves et gastéropodes). Les berges inondées à marée haute seulement sont bordées de *Salicornia herbacea*, *Suaeda fruticosa* et *Obione portulacoides*. La graminée *Spartina maritima* forme de vastes prairies sur les bordures surélevées du chenal. L'algue verte *Enteromorpha intestinalis* est également abondante dans les enclaves à eaux plus ou moins stagnantes.

- La zone intermédiaire ou zone de transition qui correspond à la station S4 à marée basse et à la station S6 à marée haute, est soumise à une double influence : marine et continentale (enrichissement en nitrates et nitrites, température souvent élevée, matière organique importante et substrat sablo-vaseux). La végétation algale à la station S6, composée d'*Enteromorpha intestinalis* et *Ulva lactuca*, devient plus abondante sur les berges. Le fond du chenal est tapissé de larges touffes de *Zostera nana* et de quelques touffes isolées de *Cymodocea nodosa*. Les halophytes *Salicornia herbacea* et *Suaeda fruticosa* colonisent les bordures de la lagune submergées uniquement à marée haute.

- La zone amont ou zone de confinement, d'une longueur de 1,5 km environ à marée haute (stations S7 et S8) et d'une longueur de 3 km à marée basse (stations S5, S6 et S7), se caractérise par des températures allant de 18 à 29°C, des salinités comprises entre 14 et 24. Les teneurs en phosphates

inorganiques sont relativement faibles alors que celles des nitrites et des nitrates sont relativement élevées par rapport aux stations en aval. Elle se distingue par un substrat vaseux tapissé par de larges bandes d'algues (*Enteromorpha intestinalis* et algues filamenteuses) et de cyanobactéries. Les variations spatio-temporelles des paramètres hydrologiques et particulièrement d'une marée à l'autre sont très importantes.

À marée haute, cette zone se singularise par un ralentissement net de l'hydrodynamisme marin qui se traduit par une stagnation, une accumulation progressive des particules sédimentaires provenant du bassin versant et par une richesse en cyanobactéries, en matière en suspension et en matière organique. Elle correspond à la zone VI de confinement de l'échelle définie par Frisoni *et al.* (1984).

Les eaux marines alimentant la lagune sont chargées en sels nutritifs azotés et phosphatés grâce aux *upwellings* (remontées d'eaux froides) qui se manifestent dans cette zone du littoral marocain. Dans la partie amont, ces sels sont rapidement utilisés par les organismes végétaux par l'intermédiaire de la photosynthèse. En effet, cette activité est favorisée à ce niveau par un fort ensoleillement, des températures élevées et des profondeurs très faibles (20 à 50 cm). Les matières azotées sont renouvelées en permanence grâce au lessivage du bassin versant (engrais azotés). Ceci explique les fortes teneurs dans la partie amont. Il en résulte un gradient croissant du rapport N/P de l'aval vers l'amont de la lagune.

CONCLUSION

Le découpage en fonction des paramètres physico-chimiques, montre d'une part l'influence marine manifeste dans ce milieu lagunaire de faible superficie (3 km²) et de faible profondeur (< 6 m) grâce à un renouvellement considérable en eau d'origine océanique, et d'autre part, la complexité du fonctionnement de cet écosystème paralique. En effet, l'alimentation continue en eau douce en amont et en aval donne à la lagune des caractéristiques environnementales particulières qui la rendent favorable à l'aquaculture de nombreuses espèces de poissons et de bivalves.

Grâce à des échanges favorisés par l'hydrodynamisme marin, l'enrichissement de la zone amont en matières azotées issues du lessivage des terrains agricoles du bassin versant, en matière organique et en apports terrigènes, constitue une source trophique pour la zone aval.

BIBLIOGRAPHIE

- Aminot A., M. Chaussepied, 1983 - *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Cnexo, Jouve, Paris, 395 pp.
- Bidet J.S., C. Carruesco, 1982 - Étude sédimentologique de la lagune de Oualidia (Maroc). In : *Les lagunes côtières*. P. Lasserre, H. Postrua (eds.). *Oceanologica Acta (Suppl.)*, 5 (4) : 29-37.

- Beaubrun P.C., 1971 - Les huîtres au Maroc et l'ostréiculture dans la lagune de Oualidia. *Bull. Inst. Pêches marit., Maroc*, **22** : 13-143.
- Carruesco C., 1989 - *Genèse et évolution à l'holocène de trois lagunes de la façade atlantique : Moulay Bousselham, Oualidia et Arcachon (France)*. Doctorat d'État, Université de Bordeaux, n° 960, 485 pp.
- Elbouzaïdi A., 1986 - *Variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques et biologiques dans la lagune de Oualidia*. Mémoire Fin d'Etude, halieutique, IAV Hassan II, Rabat, 75 pp.
- El guarti M., 1987- *Étude préliminaire de l'élevage de la palourde dans la lagune de Oualidia*. Mémoire de fin d'étude, IAV, Rabat, 60 pp.
- Frisoni G., O. Guelorget, J.P. Perthuisot, 1984 - Diagnose écologique appliquée à la mise en valeur biologique des lagune côtières méditerranéennes. Approche méthodologique. In : *Aménagement des pêches dans les lagunes côtières*. J.W. Kapetsky, G. Lasserre (eds). FAO Gen., Rome, Italy, **1** (61), pp : 39-95.
- Mardhi J., A. Meliani, 1984 - *Contribution à l'étude d'un écosystème marocain: la lagune de Oualidia*. Mémoire de fin d'études, IAV Hassan II, Rabat, 60 pp.
- Sabatie M.R., M.S. Shafee, 1982 - Étude préliminaire du rôle de quelques paramètres écologiques de Oualidia. *Actes et Colloques IAV Hassan II, Rabat*, **2** : 75-90.
- Sarf F., 1993 - *Carte sédimentologique de la lagune de Oualidia*. CEA, Rabat.Ed.
- Williams J., A. M'kadmi, 1985 - *Les possibilités d'ostréiculture dans la lagune de Oualidia. 1^{ère} partie*. Mémoire de fin d'étude halieutique, IAV Hassan II, Rabat, 65 pp.

Reçu en septembre 1997 ; accepté en avril 2000.

Received September 1997; accepted April 2000.