

LA LAGUNE DE KHNIFISS

PREMIERES OBSERVATIONS SUR LES SEDIMENTS ET L'HYDROLOGIE DU MILIEU

Pierre-Christian BEAUBRUN *

* Laboratoire de Zoologie, Institut Scientifique, Rabat.

RESUME

A la suite d'une mission de douze jours (19-30 avril 1971), l'auteur rapporte ses observations sur la lagune de Khnifiss située dans le Sud atlantique marocain, jamais encore prospectée sur le plan océanographique.

Le milieu est sommairement décrit. Les analyses granulométriques et calcimétriques mettent en évidence des fonds sableux d'origine biologique auxquels viennent s'ajouter les vases dans les zones de schorre. Les premières mesures d'hydrologie n'ont pas révélé de masses d'eaux individualisées mais un gradient vers des températures et des salinités élevées lorsque l'on s'enfonce à l'intérieur de la lagune. Le dernier paragraphe mentionne quelques observations biologiques.

SUMMARY

After a twelve days' mission (19-30 april 1971), the author states his observations on the Khnifiss lagoon in the Atlantic south of Morocco, never before investigated from the oceanographical point of view.

The environment is briefly described. Granulometrical and calcimetric analyses reveal sandy bottoms of biological origin, with slime in the schorre areas. No individualised water-masses have appeared following the first hydrological measurements, but the temperature and salinity increase according to a gradient from the outer to the inner lagoon. The last paragraph consists of some biological observations.

INTRODUCTION

Dans le cadre des recherches réalisées par la Section des Ressources lagunaires et d'Aquaculture de l'Institut des Pêches Maritimes du Maroc, nous avons été chargé d'effectuer une mission préliminaire sur la lagune de Khnifiss pour établir un programme d'étude des possibilités de développement de ce milieu. Notre mission a eu lieu du 19 au 30 avril 1971, et nous rapportons ici les résultats de nos observations sur les sédiments et l'hydrologie.

Située à 120 kilomètres au S de Tan-Tan et à 70 kilomètres au N de Tarfaya, la lagune de Khnifiss est la plus grande lagune atlantique marocaine (figure 1). Elle a été identifiée (PASCON, 1963) comme étant la Mar Pequena de l'histoire canarienne, et elle correspond au « bras de mer » visité par GATELL, à la « lagune » de SAAVEDRA et MACKENZIE, à la « baie » de JAUDENNES et à la « crique » de LAHURE. Elle est habituellement signalée sur les cartes sous le nom de Puerto-Cansado, mais la terminologie employée par les différentes missions scientifiques ayant travaillé dans cette région est très variable selon les documents cartographiques utilisés. Il nous paraît donc nécessaire de préciser que nous retiendrons, dans cette note, le terme de Foum Agoutir pour définir l'embouchure de la lagune, nous emploierons l'expression lagune de Khnifiss pour nommer la portion dans laquelle se fait habituellement sentir le balancement des marées, et en-

fin nous réserverons le terme de sebkha Tazra à la dépression ceinturée de falaises et de dunes qui prolonge la lagune vers le sud (figure 2).

1. LA COTE

Entre l'oued Draâ et Tarfaya, la côte se présente comme un vaste plateau rocheux prenant contact avec l'océan Atlantique par une falaise vive. Cette dernière, haute de 60 à 70 mètres vers l'embouchure de l'oued Draâ, s'abaisse progressivement vers le Sud pour atteindre 20 mètres dans la région de Tarfaya. Au niveau de la lagune de Khnifiss, la falaise vive se dédouble en un système de falaises mortes hautes de 25 à 35 mètres, qui longent la lagune sur sa rive droite et encerclent la sebkha Tazra.

La plateforme côtière montre, en surface, une dalle calcaire plus ou moins résistante (grès-calcaires fossilifères du Moghrébien) reposant sur des marnes du Crétacé. Les eaux de pluie, rares et tombant sous forme d'orages, s'infiltrent donc rapidement jusqu'à la couche imperméable et réapparaissent en suintant sur la paroi verticale de la falaise vive. Au pied de la falaise se trouve un platier très étroit sur lequel prolifèrent les moules.

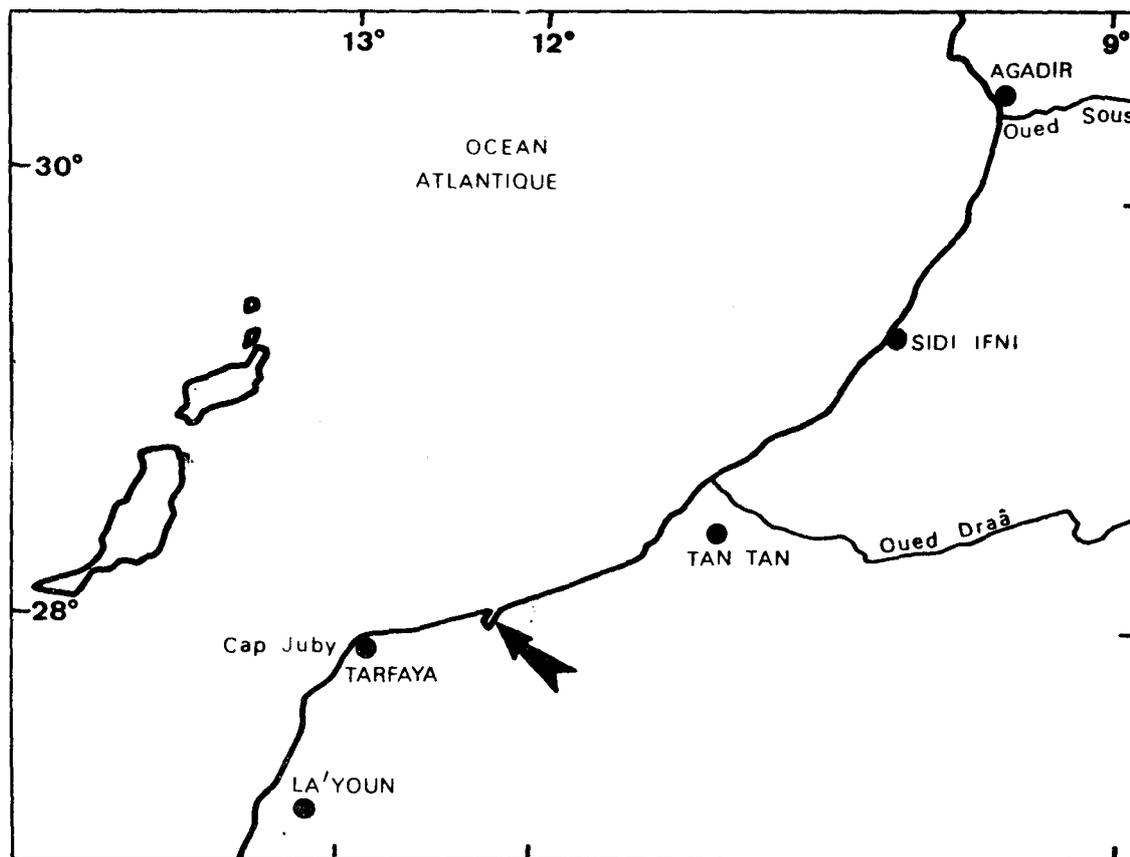


Figure 1. — Situation de la lagune de Khnifiss.
sur le littoral atlantique marocain.

Cette côte rocheuse et inhospitalière s'étend sur près de 200 kilomètres et, hormis les toutes petites plages situées aux embouchures des quelques oueds, n'est interrompue qu'en deux endroits (Khnifiss et Cap Juby) par des dunes littorales importantes. La longue plage ainsi formée au niveau de Khnifiss a plus de 30 kilomètres de long et l'embouchure de la lagune se trouve à peu près en son milieu.

En bordure de l'océan et chaque fois que des falaises mortes relaient les falaises vives, le sable chassé par les alizés escalade les escarpements et forme des dunes mobiles, ou barkanes, qui se déplacent continuellement sur le plateau littoral. Les hamada, plateaux crétacés situés à l'intérieur des terres, dominant de leur kreb cette plateforme côtière. Les oueds et les sebkhas creusent de profondes entailles dans ce relief tabulaire, et seule la sebkha Tazra communique avec la mer.

2. CLIMATOLOGIE

Khnifiss est la seule lagune marocaine située dans l'étage bioclimatique saharien. Le littoral de la province de Tarfaya, entre le Cap Draâ et le Cap Juby, est caractérisé par un climat de type saharien à hiver chaud dont les composantes sont marquées par la présence du régime alizéen (figure 3).

Toute l'année, les vents dominants sont de NNW à NE selon une fréquence annuelle moyenne de 72 % dont la majorité est à attribuer à l'alizé. Cela entraîne une forte nébulosité côtière, dépassant en moyenne 5 dixièmes, et dont le maximum se situe en été sous forme de stratocumulus qui se maintiennent souvent une partie de la journée. L'humidité relative, toujours très élevée au sol, est supérieure ou égale à 90 % le matin et se manifeste par des rosées abondantes dont la fréquence moyenne est de 75 jours par an.

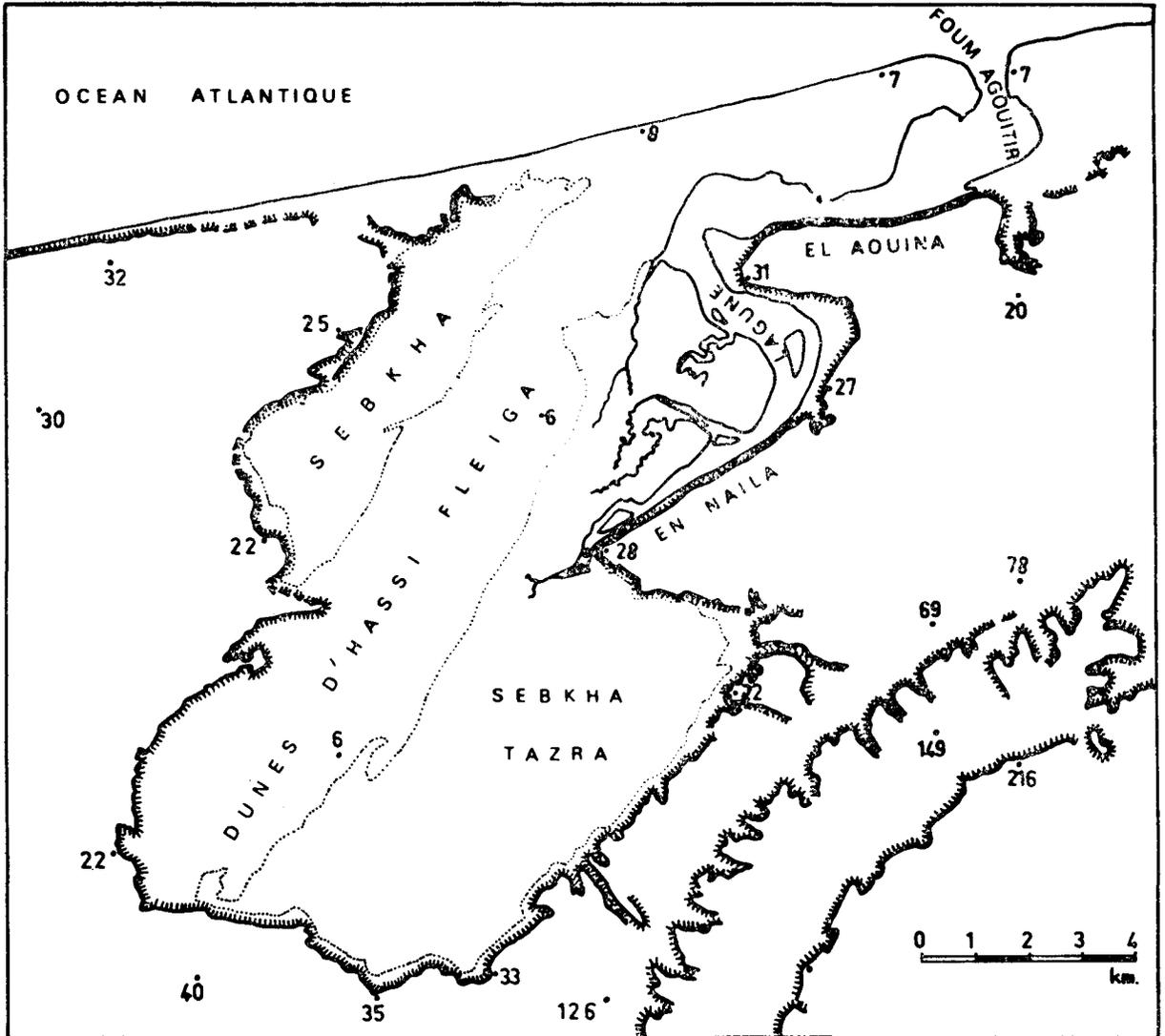


Figure 2. — Vue générale de la lagune de Khnifiss.

Ces formes occultes de précipitations côtières associées à des pluies très irrégulières tombant sous forme d'averses (45 mm en moyenne à Tarfaya pendant la période 1941-1953) sont particulièrement précieuses pour la végétation, et permettent de distinguer une frange océanique de 20 kilomètres dans le domaine saharien. En raison de la forte nébulosité dans cette zone, l'apport radiatif solaire est sensiblement réduit et le régime thermique remarquablement modéré : l'amplitude annuelle des températures moyennes n'est que de 5° C, bien que les valeurs extrêmes enregistrées entre 1941 et 1953 (DELANNOY, 1975) soient de 5° C pour la limite inférieure et de 39°5 C pour la limite supérieure.

3. DESCRIPTION DE LA LAGUNE

La lagune dans son ensemble, est orientée selon un axe NE-SW, et nous pouvons la subdiviser en deux portions très différentes (figures 2 et 4).

La passe, appelée aussi foug Agoutir et située par 12° 13' 33" de longitude W et 28° 02' 28" de latitude N, permet à la lagune de communiquer avec l'océan Atlantique. C'est un passage large d'une centaine de mètres, profond de 5 à 6 mètres et creusé dans le cordon dunaire qui longe la côte à cet endroit. Cette passe, impossible à repérer dès que l'on se trouve à quelques kilomètres au large, est d'un accès très délicat ; en raison de sa faible profondeur et des courants de flot et de jusant provoqués par les marées, les rouleaux créent une barre qui n'est franchissable que par temps excessivement calme. Il existe en réalité plusieurs formations de rouleaux successives, disposées en chicane puisque les vagues butent contre les différentes dunes formant la passe ; le goulet n'est donc pas rectiligne.

Le chenal s'étend sur une longueur de 20 kilomètres. Il s'appuie contre une falaise sur la rive droite et contre des dunes de sable sur la rive gauche. Sa forme générale dessine grossièrement la lettre Z à l'envers dont nous allons passer en revue chacune des trois branches.

L'axe supérieur, orienté ENE-WSW, long de 7 kilomètres et profond de 6 à 15 mètres, est un chenal étroit à marée basse, encombré d'îlots sableux importants. Les substrats rocheux existent tout le long du pied de la falaise d'El-Aouina sur la rive droite. Ce sont des éboulis sur lesquels nous avons noté la

présence de moules, patelles, balanes, littorines... et le grand cormoran (*Phalacrocorax carbo* L.) trouve dans la falaise qui les domine un milieu favorable à sa nidification. Le seul affleurement rocheux situé au milieu de cette portion de la lagune est indiqué sous le nom d'île aux huîtres sur la figure 4. Les substrats sableux tapissent tout le fond du chenal et forment les îlots exondés à marée basse qui recèlent des peuplements de *Solen marginatus* importants. Les substrats vaseux sont concentrés dans la zone de balancement des marées, entre l'île aux huîtres et le cordon dunaire, ainsi qu'autour des vestiges de l'ancienne tour située près de la passe. La vase, excessivement molle par endroits, est recouverte d'herbiers de Potamogetonacées (*Zostera nana* Roth) sur lesquels les pêcheurs calent leurs filets.

L'axe moyen, orienté NNW-SSE, long de 4 kilomètres et rectiligne, est un peu plus large que le précédent à marée basse et aucun îlot ne découvre sur son axe principal pendant le jusant. Les fonds, toujours sableux, varient régulièrement entre 3 et 4 mètres, et les substrats rocheux n'existent plus sur la rive droite puisque la falaise cède la place à des dunes de sable sur lesquelles poussent quelques *Tamarix pauciovulata* J. Gay en groupes isolés.

L'axe inférieur, orienté ENE-WSW et long de 9 kilomètres, a une direction parallèle à celle de l'axe supérieur. Sa rive droite s'appuie contre la falaise d'En Naila et les peuplements installés sur ces substrats rocheux sont très réduits. Profond de 5 mètres dans sa partie E à 0,20 mètre dans sa partie la plus distale, il est tapissé de sable et encombré de nombreux îlots couverts de végétaux halophiles.

Les axes moyen et inférieur du chenal forment les deux côtés d'un triangle dont la base est la ligne des dunes d'Hassi Fleiga, de faible hauteur (5 à 6 mètres), qui isole la lagune d'un lac temporaire salé (sebka) situé à 2 kilomètres entre l'océan Atlantique et la lagune. La totalité de la surface de ce triangle est un paysage de schorre dans lequel un enchevêtrement de petits canaux, remplis à marée haute, s'anastomosent en isolant des cuvettes d'eau sursalée où prolifèrent les Cyanophycées. Le profil de ces petits chenaux, identique du reste à celui du chenal principal de la lagune, est en forme de U très accentué ; les berges sont abruptes, formant de petites microfalaises ; le fond est plat, régulier, permettant de naviguer facilement même en longeant les rives de très près. Les cormorans viennent se poster, pendant la journée, sur les petites falaises des berges pour

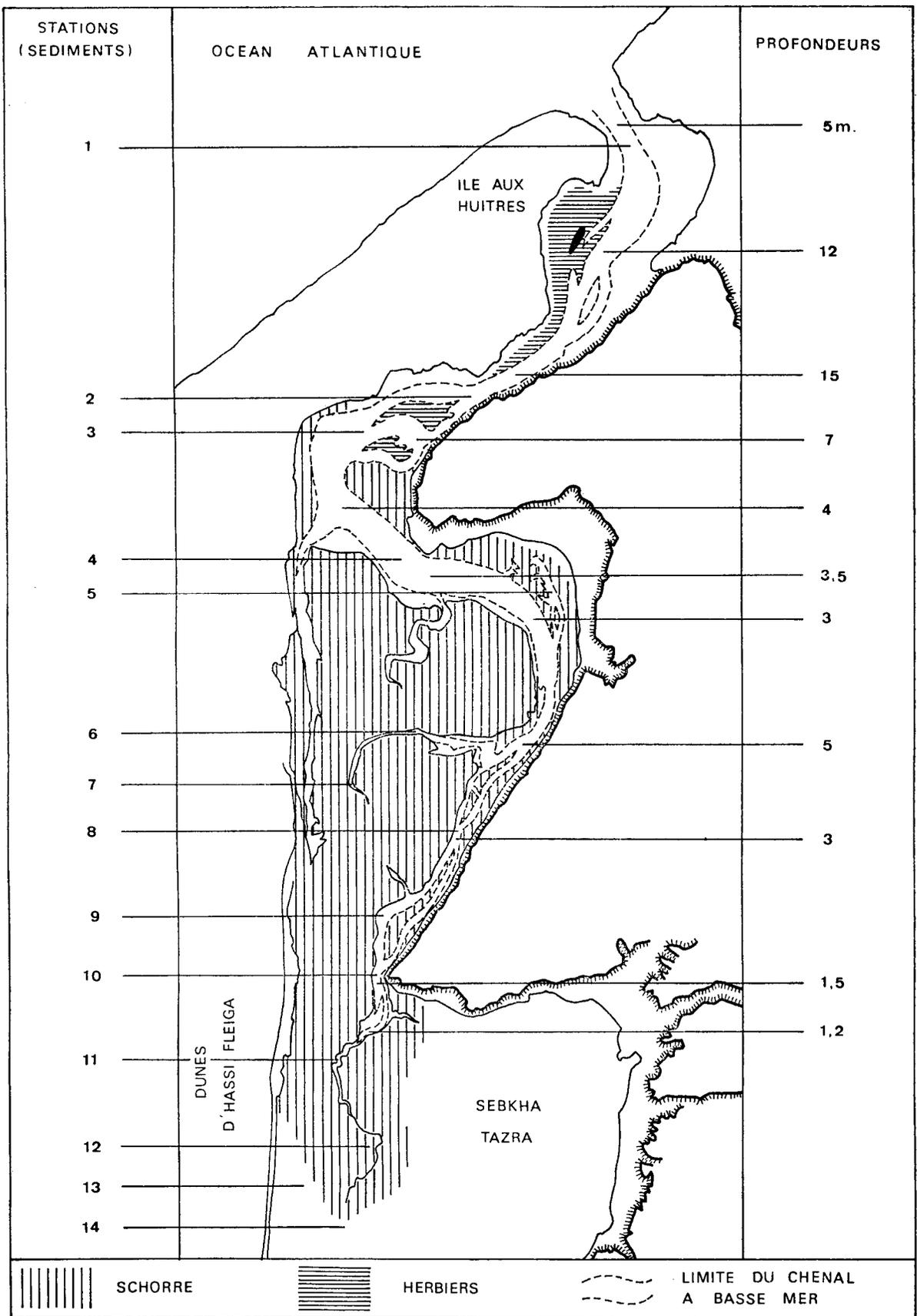


Figure 4. — Emplacements des stations sédimentologiques et des profondeurs dans la lagune de Khnifiss.

chasser les poissons dont ils se nourrissent, alors que les flamants roses (*Phoenicopterus ruber*), nombreux dans la lagune, se disposent autour des zones de schorre pour fouiller la vase. Il est possible que les petites dépressions circulaires faites par ces oiseaux dans la vase pendant leur quête de nourriture facilitent la formation des cuvettes mentionnées plus haut. Il faut également noter la présence d'un schorre semblable, mais plus réduit, sur la rive droite du chenal, au pied de la falaise, à l'endroit où se rejoignent les axes supérieur et moyen.

La *sebkha Tazra* prolonge la lagune proprement dite dans sa direction générale. C'est une étendue de sable, sans aucune végétation, ayant l'aspect d'un parallélépipède long de 9 kilomètres et large de 5 kilomètres. Bordée par une falaise haute de 22 à 35 mètres sur ses façades NE et S, elle est limitée à l'W par le champ dunaire d'Hassi Fleiga qui avance jusque là. C'est par l'angle NW qu'elle communique avec les portions vives de la lagune. De surface très plate et de cote maximum + 5 mètres, la *sebkha Tazra* est envahie, aux plus fortes marées hautes, par une mince pellicule d'eau de mer (moins de 20 centimètres) qui parvient jusqu'au pied de la falaise. Cette vaste étendue est le siège d'une évaporation intense qui entraîne la cristallisation rapide des sels. A basse mer de vive eau et, d'une manière générale lorsque la *sebkha* n'est pas envahie d'eau de mer, cette surface est parfaitement blanche, les premiers centimètres de sable étant consolidés par les dépôts de sel. Sous cette croûte durcie sur laquelle les voitures peuvent rouler, le sédiment est en putréfaction formant un horizon noir d'aspect tourbeux et fortement humide.

4. PROFONDEURS

Les profondeurs du chenal principal ont été indiquées dans la partie descriptive de la lagune et sont portées sur la figure 4. Elles sont en moyenne assez faibles : 5 à 6 mètres dans la passe, ce qui ne permet qu'aux très légères embarcations de pénétrer. Elles descendent ensuite progressivement pour atteindre 15 mètres, profondeur maximale de la lagune, au premier tiers de l'axe supérieur du chenal, remontent très régulièrement sur les 17 kilomètres restant jusqu'au débouché du chenal dans la *sebkha Tazra*.

5. GRANULOMETRIE ET CALCIMETRIE

Quatorze prélèvements de sédiment (figure 4), répartis dans toute la partie vive de la lagune et presque tous situés dans l'axe des chenaux principaux, ont donné les résultats de granulométrie et de calcimétrie portés sur le tableau n° 1. Pour chaque station, la ligne supérieure indiquée sur le tableau est celle des granulométries exprimées en pour cent pour l'ensemble du sédiment, la ligne inférieure est celle des calcimétries mesurées en pour cent pour chacune des fractions granulométriques choisies. La figure 5 est la représentation graphique de ces résultats.

5.1. Granulométrie

L'étude de la granulométrie met nettement en évidence la présence d'un sédiment sableux homogène tout le long de la lagune. A chaque station, les fractions de sablons grossiers et de sables fins, comprises entre 0,1 et 0,5 mm, se retrouvent avec des valeurs importantes variant de 66,4 % à 22,3 % pour les sables fins, et de 75,8 % à 27,2 % pour les sablons grossiers.

La station 14, la plus éloignée à l'intérieur des terres, se trouve dans la *sebkha*. C'est un milieu de vase putride en grumeaux recouverte d'une pellicule de sable cimenté par les cristaux de sels dus à l'évaporation. Nous sommes ici dans le marais salant naturel, inondé aux très fortes marées, milieu calme et peu profond où seules se déposent les particules fines en suspension. La courbe correspondante montre des pourcentages de plus en plus élevés pour les particules les plus fines.

Les prélèvements 13 et 12 ont été effectués, le premier dans une portion de la *sebkha* plus proche de la mer et constamment recouverte à marée haute d'une mince couche d'eau, le second dans la partie où s'interrompt l'enchevêtrement des chenaux du schorre. Le milieu est calme, mais nous voyons se déposer les premiers sables dans cette zone de transition entre la *sebkha* et la lagune. En ces deux points, les fractions de sables fins et de sablons grossiers apparaissent distinctement et représentent plus de 80 % de l'ensemble du sédiment, alors que les fractions inférieures à 0,1 mm ne totalisent plus que 10 % en moyenne.

Aux stations 11, 10, 9 et 8, situées le long de l'axe inférieur du chenal principal, les sables fins associés aux sablons grossiers constituent, avec plus de 95 %, la quasi-totalité des fractions du sédiment.

Tableau 1. — Résultats des analyses granulométriques et calcimétriques des sédiments prélevés dans la lagune de Khnifiss

STA- TIONS	Distance par rapport à la mer en km	R U D I T E S		A R E N I T E S						L U T I T E S	
		5 mm	2	S a b l e s			S a b l o n s		Silt	Argile	
				1	0,5	0,2	0,1	0,05			4 μ
				grossier	moyen	fin	grossier	fin			
1	0,2				2,7	66,4	30,2	0,7			
						40		40			
2	3,5				0,7	22,3	75,8	1,2			
						30		35			
3	7	5,6	3,2	1,8	1,5	2,3	27,2	17,4	22	29	
		100	100	100	85	30		15		10	
4	9	3,3	9,1	5,7	6,0	31,0	42,8	2,1			
		100	100	100	80	50		45			
5					0,3	27,5	71,2	1,0			
						50		40			
6			12,9	0,7	0,7	25,5	56,5	0,9	2,8		
			100			35		35			
7		5,8	9,0	5,3	3,0	3,2	7,9	10,4	29,4	26	
		100	100	100	80	65		20		10	
8	15				1,9	37,5	59,9	0,7			
						40		35			
9	16				6,7	52,9	39,8	0,6			
						40		40			
10	17				3,4	22,9	70,1	3,6			
						45		30			
11	18				0,3	31,2	68,5				
						40		40			
12	19				7,7	35,1	49,9	1,5	5,8		
						45		35		15	
13					5,1	26,1	55,2	3,6	6	4	
						60		35		25	
14	21					0,2	8,5	16,5	26,8	48	
								15		1	

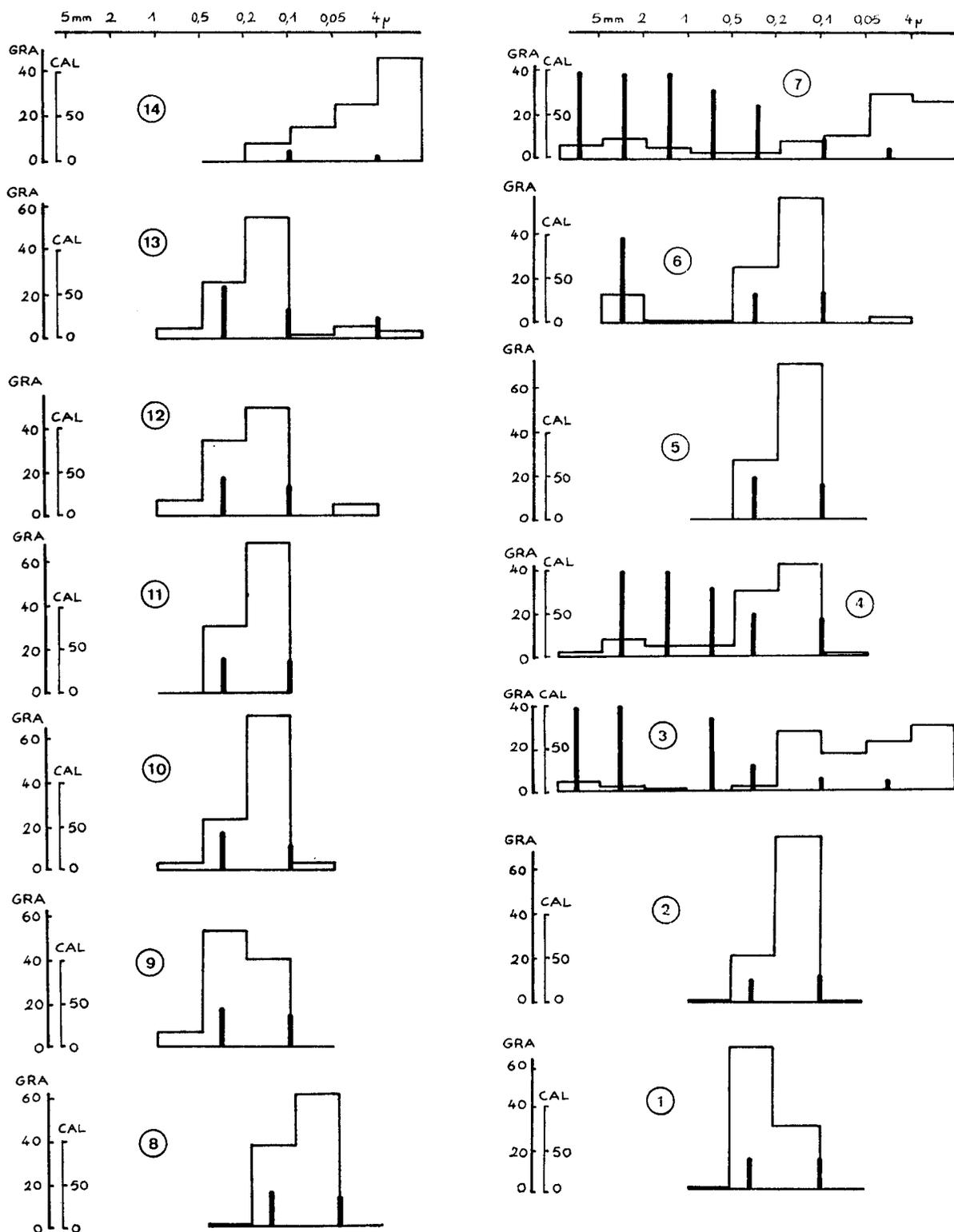


Figure 5. — Granulométrie et calcimétrie des sédiments prélevés dans les 14 stations de la lagune de Khnifiss

Les prélèvements 7 et 6 ont été effectués dans un chenal secondaire qui serpente dans le schorre. Les sédiments sont, ici, assez bien triés par les courants de marée qui déposent le sable de la lagune et arrachent aux berges du schorre la vase et les coquilles de gastéropodes. Ainsi à la station 7, située dans la portion distale de ce chenal, toutes les classes granulométriques sont représentées dans le sédiment, faisant apparaître une forte proportion (55 %) de particules inférieures à 0,05 mm et une portion non négligeable (15 %) de particules supérieures à 2 mm presque exclusivement constituées de coquilles de petits gastéropodes habitant la vase du schorre et entraînés dans le chenal par la circulation des eaux. A la station 6, par contre, les apports de sables par les courants de flot sont plus importants et la courbe révèle deux pics : l'un (13 %) dans la fraction supérieure à 2 mm, le second (82 %) dans la fraction moyenne des sables fins et des sablons grossiers. Les fractions très fines inférieures à 0,05 mm ne totalisent plus que 33 % de l'ensemble du sédiment.

A la station 5, le prélèvement a été réalisé dans des chenaux situés dans une petite zone de chorre. Le milieu est calme et les conditions de dépôts sont très semblables à celles de la station 11, c'est pourquoi les deux courbes sont presque identiques : les sables fins et les sablons grossiers constituent près de 99 % du sédiment.

La composition granulométrique du sédiment aux stations 4 et 3 est beaucoup plus étalée. Ces deux prélèvements ont été effectués dans un secteur de la lagune très agité, principalement à marée descendante pendant laquelle les courants de jusant sont opposés à la direction générale des vents. De plus, ces stations sont situées à proximité des banquettes du schorre, et outre les fractions de sables fins et de sablons grossiers on constate la présence de fractions supérieures à 2 mm (9 à 13 %) et de fractions fines inférieures à 0,05 mm. Il faut noter que la station 3, située en arrière d'une zone d'extension des herbiers de zostères, subit un mode de dépôt de sédiment particulier dû aux phanérogames, et révèle pour cela des quantités importantes de particules très fines : 50 % du sédiment sont constitués de fractions inférieures à 0,05 mm.

Les stations 2 et 1, situées près de l'embouchure du chenal principal de la lagune, sont soumises aux variations physiques du milieu les plus fortes. C'est ici que les courants ont une puissance et une durée maximum, et le sédiment est parfaitement trié puisque

plus de 97 % sont constitués de particules comprises entre 0,5 et 0,1 mm. A la station 1, la plus proche du goulet de la lagune, on constate cependant une inversion quantitative des proportions de sables fins et de sablons grossiers par rapport à la station 2, les fractions les plus grosses étant déposées plus près de l'embouchure.

5.2. Calcimétrie

Les analyses calcimétriques montrent que la teneur en calcaire diminue parallèlement à la classe granulométrique considérée. Ainsi, les particules grossières supérieures à 2 mm sont constituées uniquement de coquilles de mollusques plus ou moins brisées et leur teneur en calcaire est de 100 %. C'est également presque toujours le cas des particules supérieures à 1 mm. Les sables fins et les sablons grossiers, compris entre 0,1 et 0,5 mm, ont, par contre, des teneurs en calcaire plus faibles qui varient de 15 à 60 %. Les vases, inférieures à 0,05 mm, sont très pauvres en calcaire : toujours moins de 10 %.

5.3. Conclusion

L'examen des analyses granulométriques et calcimétriques montrent que les fonds sableux d'origine biologique sont homogènes dans la majeure partie des chenaux de la lagune, les fractions de sables fins et de sablons grossiers étant présentes dans tous les prélèvements. Une forte proportion de vase s'ajoute à ces deux classes lorsque les échantillons ont été pris dans le schorre ou dans les extrémités distales des chenaux.

Les vases sont très pauvres en calcaire. Par contre, les sables et les sablons varient entre 40 et 75 % de calcaire en moyenne, alors que toutes les particules supérieures à 2 mm sont constituées uniquement de calcaire d'origine biologique.

Remarque : Il n'existe, au milieu de la lagune, qu'un seul affleurement rocheux, l'île aux huîtres située près de la passe, sur l'axe supérieur du chenal principal. Longue d'une centaine de mètres et large d'une dizaine de mètres, elle est bordée d'un côté par un herbier de Potamogetonacées découvert à marée basse, et de l'autre par le sable du chenal principal. Dans l'état actuel de nos connaissances, selon PASCON, il n'est pas possible de préciser si cette île est un affleurement naturel ou les vestiges d'une ancienne construction.

6. HYDROLOGIE

6.1. Mouvements des marées

A chaque marée montante, la lagune est entièrement envahie par le flot qui peut atteindre, aux vives eaux, le fond de la sebkha Tazra. A basse mer, seul le chenal principal et les chenaux annexes majeurs demeurent en eau.

Les retards de marée enregistrés lors de notre mission étaient très faibles, compte tenu de l'éloignement des stations par rapport à l'embouchure : 10 minutes à la station 2 (5 kilomètres de la passe), 35 minutes à la station 6 (12 kilomètres de la passe), 45 minutes à la station 11 (20 kilomètres de la passe). Ces mesures ont été faites au moment du flot en notant l'onde de marée, c'est-à-dire la marée dynamique et non la marée physico-chimique. Par contre, les baisses du niveau de l'eau au jusant ont un retard très prononcé vers l'intérieur des terres : 10 minutes à la station 2, 60 minutes à la station 6, et 120 minutes à la station 11.

Les balancements des marées, différences de niveau entre la marée haute et la marée basse, sont très importants (figure 7). Ainsi, pour un marnage de 3,20 mètres indiqué à la côte par l'annuaire des marées, nous avons noté 3,00 mètres à la station 6 (12 kilomètres de la passe) et 1,50 mètre à la station 11 (20 kilomètres de la passe), ce qui explique l'envahissement total de la lagune à marée haute, jusqu'au fond de la sebkha. Tous ces relevés ont été faits pendant la vive eau du 27 avril 1971, marée pendant laquelle les îlots du chenal étaient recouverts, y compris l'île aux huîtres, et le niveau de l'eau atteignait et recouvrait la majeure partie des peuplements végétaux du schorre.

6.2. Courantométrie

Les courants, dans la lagune, ne semblent pas être très importants. Bien qu'aucune mesure de maximum n'ait pu être réalisée pendant notre mission, ils ne doivent probablement pas dépasser 0,80 mètre par seconde. Toutefois, un point fixe effectué à la station 6 en vive eau et interrompu à cause du mauvais temps, nous a indiqué un courant de flot de surface s'installant une heure après l'étalement de basse mer. Ce courant est brusque, atteint en un quart d'heure 0,30

mètre par seconde et paraît devoir se stabiliser à des valeurs proches de 0,50 à 0,60 mètre par seconde. Le courant de flot de fond est parallèle à celui de surface, mais se stabilise aux alentours de 0,40 mètre par seconde.

Bien que les courants de marées atteignent des valeurs assez faibles, l'importante quantité d'eau envahissant la lagune à chaque marée s'explique par le fait que les chenaux sont relativement larges : le flot et le jusant portent donc sur des masses d'eau volumineuses. Ceci est matérialisé par la courbe de l'onde de marée qui croît de façon parfaitement rectiligne et homogène (figure 6).

6.3. Températures et salinités des eaux

L'expression graphique des données recueillies est portée sur la figure 8, sur laquelle nous avons porté les salinités et températures des eaux de surface et de fond relevées pendant deux coupes de la lagune effectuées à haute et basse mer au cours de la vive eau du 24 avril 1971.

Les températures, pendant la journée, ont varié entre 18°5 C et 20°5 C. Le graphique met en évidence d'une part une température des eaux de surface plus élevée que celle des eaux du fond, et d'autre part une élévation croissante de la température depuis les stations proches de la passe jusqu'aux stations les plus éloignées de l'océan.

Plusieurs remarques, cependant, sont à faire :

Le décalage des températures de surface et de fond entre la marée basse et la marée haute est dû au fait que les observations à basse mer ont été effectuées entre 9 et 10 heures, tandis que celles à haute mer l'ont été entre 13 h 30 et 14 h 30. Un réchauffement des eaux de près de 1° C s'est fait au cours de la journée.

A marée basse, au moment des mesures, le soleil était levé depuis près de 3 heures, créant une différence appréciable de 0°3 C entre les eaux de surface et celles de fond. A marée haute, par contre, les eaux ont été brassées par les courants de flot, et les écarts de température sont donc insignifiants (0°1 C) entre eaux de surface et eaux de fond. Toutefois, cette différence est beaucoup plus prononcée (jusqu'à 0°4 C) aux stations 9, 10 et 11 situées tout au fond de la lagune, par suite des faibles profondeurs à ces endroits.

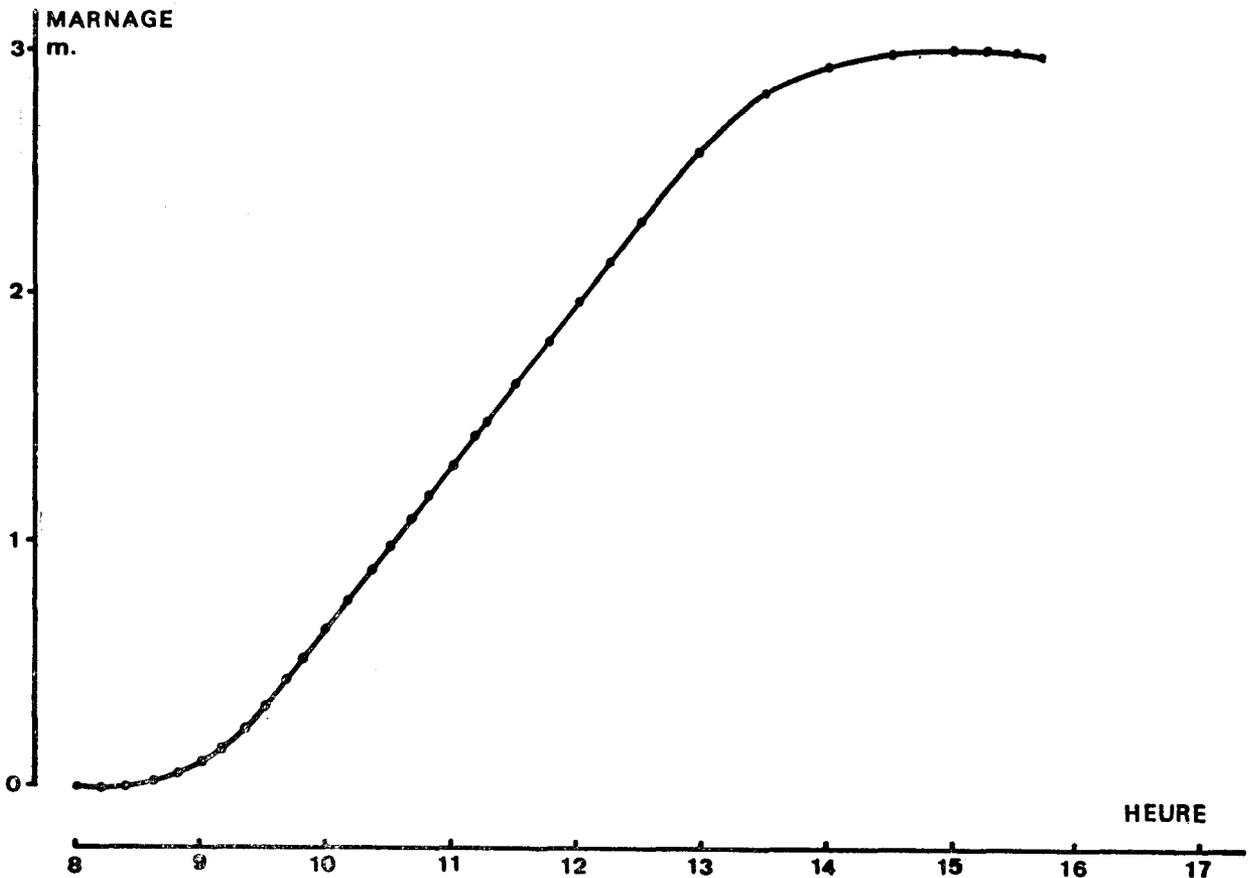


Figure 6. — Marnage enregistré à la station 6 pendant la vive eau du 27 avril 1971.

Les salinités portées sur la figure 8 sont toutes exprimées en densités car la conversion en grammes de sel par litre s'est avérée impossible à l'aide des tables de KNUDSEN pour ces eaux en majeure partie sursalées.

A marée haute, l'eau de mer (densité 1026) remonte jusqu'à la station 6, soit jusqu'à près de 12 kilomètres de la passe. De la station 6 à la station 11 (extrémité distale du chenal principal située à 20 kilomètres de la passe) les densités croissent rapidement et régulièrement pour atteindre des valeurs particulièrement élevées : 1032-1033. La sebkha est alors envahie, en vive eau, par ces eaux sursalées repoussées par le flot. A marée basse, la lagune se vide largement, et il n'y a qu'à la station 1, dans la passe, que nous ayons trouvé des valeurs proches de celles de l'eau de mer (1027) sans toutefois les égaler. Ce qui revient à dire qu'en vive-eau la vidange est telle que toute l'eau de mer entrée dans la lagune en

ressort, et se trouve même suivie par une masse d'eau légèrement sursalée. L'augmentation de la densité des eaux vers l'amont est nette et homogène, atteint des valeurs très fortes dans les stations extrêmes (1033) qui sont celles des eaux ayant subi une intense évaporation dans les zones les plus reculées de la sebkha.

Remarque : à la station 6, à basse mer, nous avons noté une nette dessalure des eaux du fond. Cependant, le point fixe interrompu et les recherches faites ultérieurement n'ont pas permis de mettre en évidence une zone précise d'arrivée d'eau dessalée.

6.4. Conclusion

Les deux coupes hydrologiques, complétées par les diverses données fragmentaires recueillies, nous permettent de conclure qu'il n'y a pas, dans la lagune de Khnifiss, de masses d'eau bien individualisées mais qu'il existe un gradient de températures et

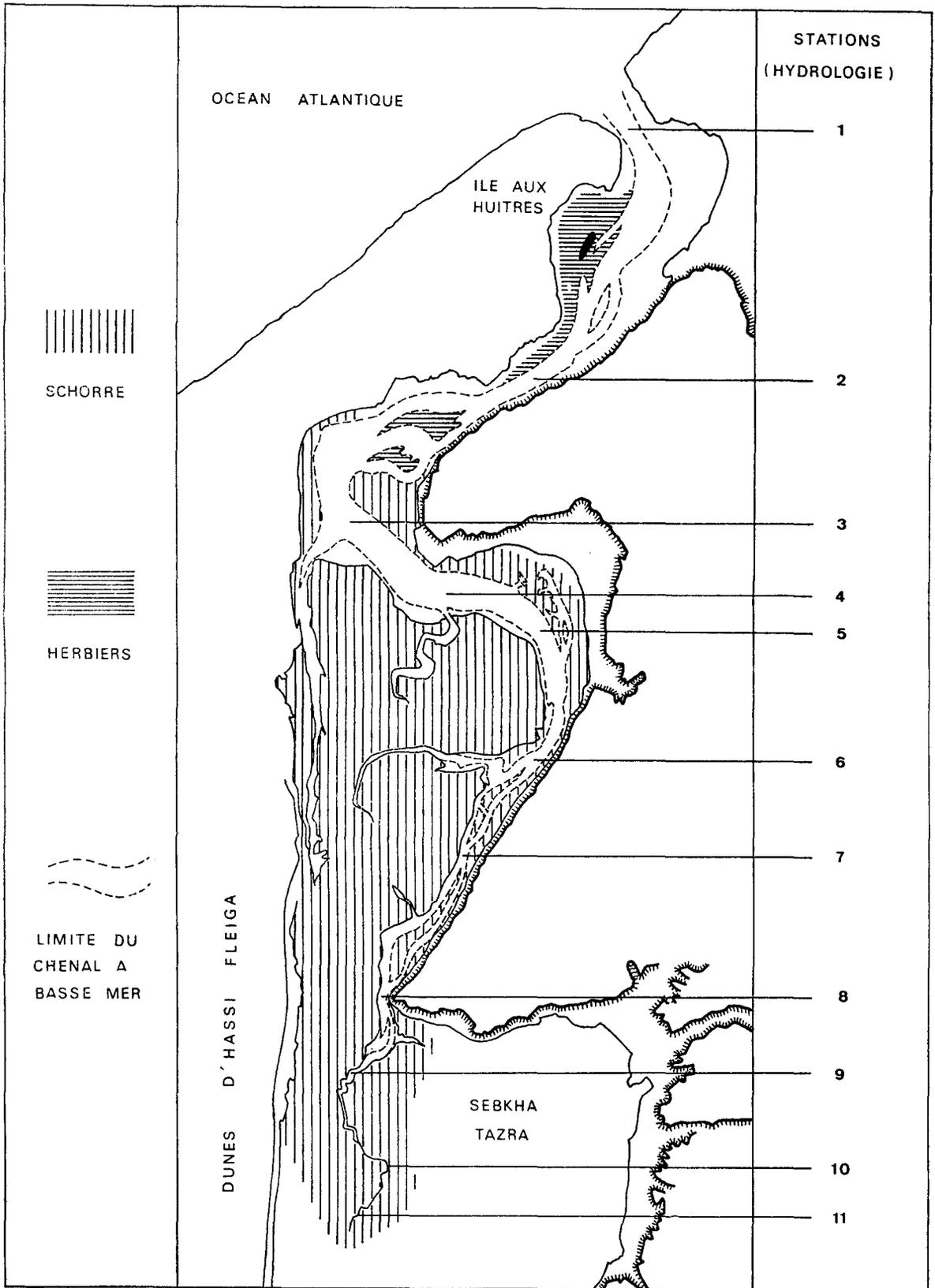


Figure 7. — Emplacements des stations hydrologiques dans la lagune de Khnifiss.

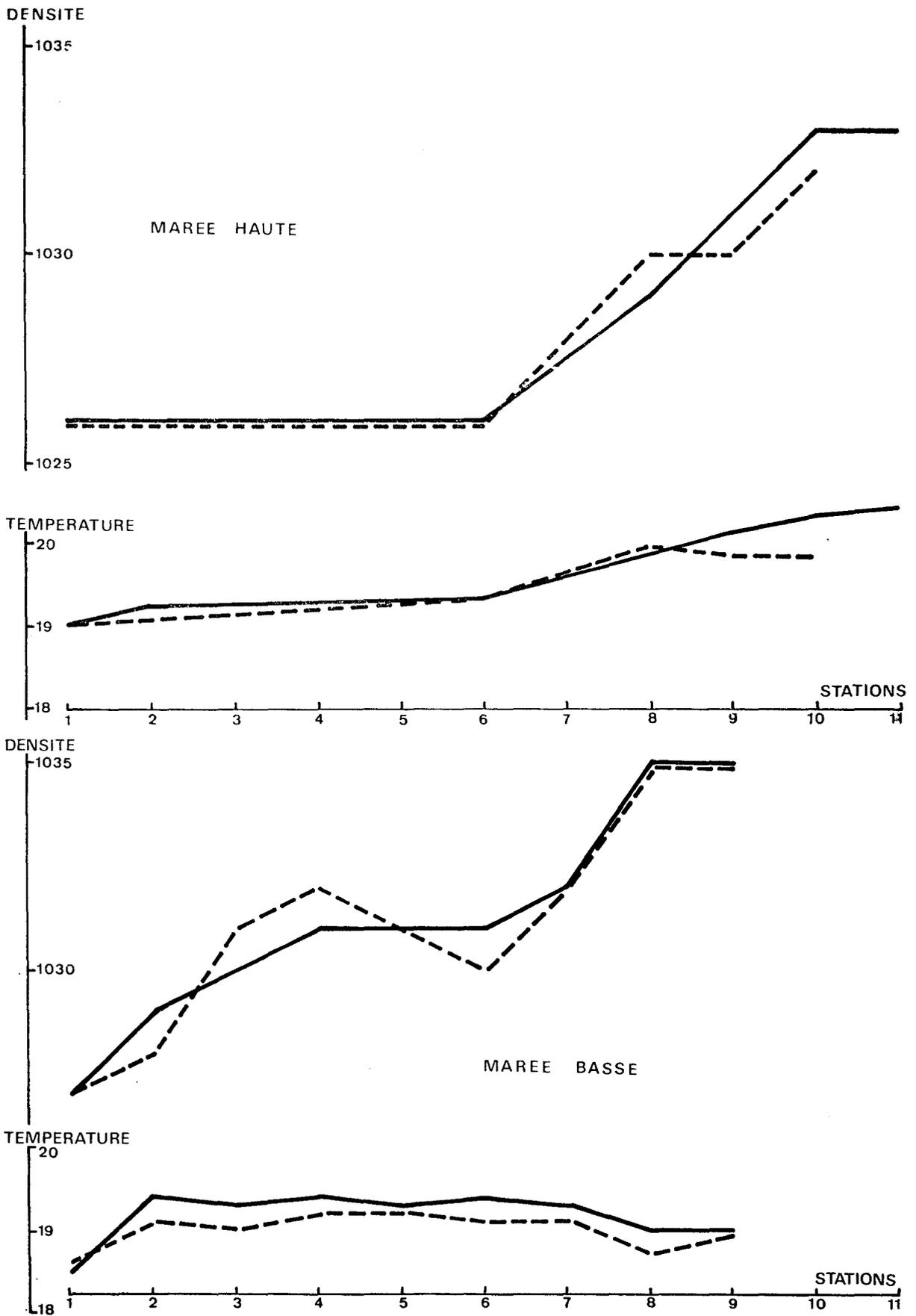


Figure 8. — Evolution de la température et de la salinité des eaux, en surface (—) et sur le fond (----), sur 2 coupes hydrologiques effectuées pendant la vive eau du 24 avril 1971.

de salinités. La passe est l'unique point par lequel se font le remplissage et la vidange de la lagune. Seule l'eau de mer pénètre dans la lagune, et, en raison des fonds homogènes à cote progressivement décroissante, se réchauffe et fait l'objet d'une évaporation de plus en plus intense vers l'intérieur des terres. La masse d'eau est donc unique et ses variations physico-chimiques progressent de façon homogène vers des valeurs élevées tout au long de la lagune.

7. OBSERVATIONS BIOLOGIQUES

Bien que cela sorte un peu du cadre de cette étude, je signalerai ici les quelques observations biologiques que j'ai pu faire et qui m'ont paru utiles d'être notées.

Les seules algues abondantes trouvées dans la lagune sont des Cyanophycées qui tapissent les cuvettes isolées à marée basse, à la limite du schorre et de la sebkha.

Le paysage de schorre dont nous avons souvent parlé présente l'aspect habituel, et l'étagement des plantes paraît semblable à celui que nous avons pu trouver dans les autres milieux lagunaires. Sans entrer dans l'étude floristique de cet ensemble, nous avons noté : quelques herbiers rares et peu étendus de Potamogetonacées (*Zostera nana*) sur l'axe supérieur du chenal principal, dans lesquels abondent *Cymbium gracile* et *Cymbium rubiginosum* ; une ceinture inférieure de *Spartina maritima* subsp. *stricta* où pâturent les troupeaux de dromadaires ; une zone de végétaux supérieurs halophiles dont la base est souvent recouverte à marée haute et qui ne sont totalement submergés qu'aux marées importantes de vive eau (*Salicornia arabica*, *Salicornia perennis*, *Sueda maritima*, *Halimione portulacoides*, *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum indicum* subsp. *glaucum*, *Cistanche phelypaea*, ...).

Deux Mollusques Lamellibranches ont également attiré notre attention. *Solen marginatus*, que l'on trouve en gisements très importants, peuple les bancs de sable du chenal principal dans sa partie la plus

proche de la mer. Des individus vivants ont été récoltés jusqu'à 8 kilomètres à l'intérieur de la lagune. Les îlots sableux situés dans les quatre premiers kilomètres de la lagune sont hérissés de coquilles mortes, dépassant du sable de plusieurs centimètres. Deux petits gisements d'huîtres adultes (*Ostrea stentina*) ont été trouvés, l'un sur les blocs de rochers des bas niveaux de l'île aux huîtres, et l'autre au pied de la falaise bordant l'axe supérieur du chenal principal. Un gisement de coquilles vides des mêmes huîtres est situé dans le fond des chenaux vaseux du schorre entre les stations 3 et 4, et ces sites ont été décrits par ailleurs (BEAUBRUN, 1976).

Pour ce qui est des Poissons, rappelons que, en 1507, Valentin FERDANDEZ décrivait la lagune de Khnifiss comme étant « une grande rivière où la pêche est abondante ». L'importance de la passe, la largeur du chenal principal et sa profondeur font qu'à marée montante l'eau de mer envahit toute la lagune, et l'étude hydrologique nous a montré que cette eau parvenait jusqu'à la station 6 soit à 12 kilomètres de la passe avant de subir des modifications physico-chimiques. Les phénomènes de montée et de descente des poissons sont donc grandement facilités par la topographie du milieu et permettent de pêcher des espèces aussi bien lagunaires que purement marines. Pendant la durée de notre mission, nous avons pu noter la présence de poissons propres aux milieux mixo-halins : Mugilidés divers, souvent de très grande taille, qui remontent en bancs importants jusqu'aux parties les plus distales des chenaux dans le minimum d'eau, et de *Batrachus* sp. Nous avons aussi remarqué l'abondance de poissons entrant dans la lagune à chaque marée comme *Sciæna aquila*, *Labrax punctata*, *Myliobatis aquila*, *Dasyatis pastinaca*, *Umbrina* sp., *Carcharinus* sp., *Mustellus mustellus*, *Squatina squatina*, *Balistes capriscus*, *Pagrus* sp., *Chrysophrys aurata*, *Pagellus acarne*, Sparidés divers ; nous avons également pu récolter des espèces purement pélagiques telles que de jeunes sardines (*Sardina pilchardus*) âgées de 1 à 6 mois.

Signalons pour terminer que, compte tenu de la très grande richesse faunistique particulière à cette région, une réserve naturelle a été créée, depuis 1969, dans la « baie de Khnifiss » où la chasse est interdite de façon permanente.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMOUREUX L., 1972. — Annélides polychètes du Maroc. *Bull. Soc. Sci. Nat. et Phys. Maroc*, 52, pp. 47-72.
- BEAUBRUN P.C., 1976. — Les huîtres au Maroc et l'ostréiculture dans la lagune de Oualidia. *Bull. Inst. Pêches Marit. Maroc*, 22, pp. 13-143.
- BELLON-HUMBERT C., 1972. — Inventaire des Mollusques marins vivants recueillis sur la côte de la province de Tarfaya par le Professeur J.B. PANOUSE. *Bull. Soc. Sci. Nat. et Phys. Maroc*, 52, pp. 85-105.
- PANOUSE J.B., 1968. — La côte de la province de Tarfaya et sa faune. *C.R. Soc. Sci. Nat. et Phys. Maroc*, 34, pp. 12-13.
- PASCON P., 1963. — Les ruines d'Agoutir de Khnifiss, province de Tarfaya (Santa Cruz de Mar Pequena). *Inst. Soc. de Rabat*, 29 p.
- PIENKOWSKI M.W., 1972. — Studies on coastal birds and wetland in Morocco 1972. Rapport offset de 97 p. publié par l'Univ. of East Anglia, Norwich, England.
- ROBIN P., 1967. — Causerie : les oiseaux de la lagune de Khnifiss (Puerto Cansado). *C.R. Soc. Sci. Nat. et Phys. Maroc*, 33, pp. 56-58.
- Pour une bibliographie plus détaillée, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage suivant :
- ANDRÉ A., BONIS J., BRYSSINE G., M^{me} BRYSSINE I., DELANNOY H., GIROT B., MATHEZ J., PAQUE C., SAUVAGE Ch., 1975. — Contribution à l'étude scientifique de la province de Tarfaya. *Trav. Inst. Sci. Chér. Rabat, sér. Génér.* n° 3, 257 p.

Manuscrit déposé en juillet 1976.