

Golfe d'Aden  
Mer d'Oman  
Quaternaire récent  
Argile  
Dynamique sédimentaire  
Aden Gulf  
Oman Sea  
Recent Quaternary  
Clay  
Sedimentary dynamic

# Les argiles des sédiments marins du Quaternaire récent dans le Golfe d'Adén et la Mer d'Oman (mission Orgon IV)

J. C. Faugères, E. Gonthier

Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine, Laboratoire associé CNRS n° 197,  
Université de Bordeaux-I, avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex, France

Reçu le 12/12/80, révisé le 6/5/81, accepté le 20/5/81.

## RÉSUMÉ

L'analyse des cortèges argileux des sédiments actuels et du Quaternaire récent dans le Golfe d'Adén et la Mer d'Oman fait apparaître 3 provinces minéralogiques : une province occidentale où les montmorillonites sont largement dominantes (Ghubbet el Kharab, fosse d'Obock), une province orientale caractérisée par l'association illite-chlorite (Mascate), et une province intermédiaire (Allula-Fartak et Sukra), définie par l'association des différents types de minéraux : attapulgite, illite, montmorillonite et chlorite en traces. Cette distribution traduit la prédominance des apports détritiques locaux sur les apports lointains (est-africains ou indo-pakistanaï). Dans les régions à volcanisme actif, des argiles de néogène ont pu se superposer aux apports terrigènes. Les variations des cortèges argileux dans le temps paraissent principalement liées au mode de mise en place des sédiments qui peut entraîner un tri granulométrique des minéraux ou l'introduction de minéraux allochtones par des courants de turbidité ou des courants profonds.

*Oceanol. Acta*, 1981, 4, 4, 395-399.

## ABSTRACT

Clay minerals in recent Quaternary sediments  
from the Aden Gulf  
and the Oman Sea (Orgon IV)

An analysis of present and recent clay minerals in the Aden Gulf and the Oman Sea shows the existence of 3 mineralogical provinces: a western province where smectites prevail (Ghubbet el Kharab, Obock), an eastern province marked by the illite-chlorite association (Mascate) and an intermediate province (Allula-Fartak and Sukra) characterised by the association of different kinds of minerals: attapulgite, illite, montmorillonite and traces of chlorite. Such a distribution indicates the predominance of local terrigenous supply on distant sources (East-Africa or Indo-Pakistan). In active volcanic regions, it is possible for neogenic clay mineral to be added to terrigenous transported material.

Time variations in clay mineral associations seem to be mostly linked to deposit conditions: this may lead to a granulometric sorting of minerals or to the introduction of allochthonous minerals caused by turbidity or bottom currents.

*Oceanol. Acta*, 1981, 4, 4, 395-399.

## INTRODUCTION

Lors de la mission Orgon IV (Moyes *et al.*, 1980), 16 prélèvements (10 stations réalisées avec, pour chacune, un ou plusieurs prélèvements par carottier Kullenberg ou Reineck) ont été effectués dans différents domaines du Golfe d'Adén et de la Mer d'Oman (fig. 1).

A la suite de l'analyse des cortèges argileux des différents prélèvements (au total 109 échantillons), nous nous proposons de préciser les variations géographiques de ces minéraux dans les sédiments actuels ou subactuels, puis de suivre leur évolution depuis environ moins 25 000 ans. Ces variations sont ensuite interprétées en fonction de l'origine et du mode de mise en place des argiles.

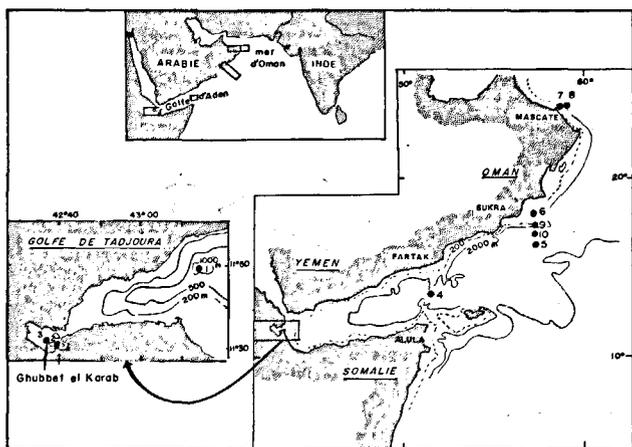


Figure 1

Plan de situation et localisation des stations (les chiffres désignent les numéros des stations).

Location map. Numbers correspond to the stations.

Dans l'ensemble de la région étudiée, la fraction argileuse représente 20 à 50 % de sédiments argilo-silteux à silto-argileux, plus rarement sableux, dont la vitesse de dépôt varie considérablement selon les domaines ou les périodes considérées (de 5 cm à plus de 1 m par 1 000 ans). Avant d'exposer les résultats de cette étude, il convient d'esquisser les caractères généraux du contexte régional dans lequel s'est effectuée la sédimentation.

### CADRE GÉNÉRAL DE LA SÉDIMENTATION

#### Cadre climatique et géographique

Les domaines étudiés se situent en marge de continents désertiques ou subdésertiques à climat actuel très aride, caractérisé par un régime de mousson du NE et sèche en hiver, du SW et humide en été. Ces conditions n'ont pas été profondément différentes au cours du Quaternaire récent : température de l'eau de mer voisine de l'Actuel au dernier Glaciaire (Climap, 1976); pas de fluctuation importante du couvert végétal, toujours pauvre (Caratini *et al.*, 1980); précipitations toujours faibles mais dont le régime a dû varier comme en témoigne l'alternance de périodes à apports terrigènes faibles (pluies régulières) ou importantes (pluies torrentielles) (Moyes *et al.*, 1980). Dans un tel contexte, la présence de reliefs souvent accusés est un facteur supplémentaire qui peut favoriser l'érosion et le transport des matériaux terrigènes. Ces reliefs sont bien marqués autour des Golfs de Tadjoura, d'Aden, le long de la côte sud du Golfe d'Oman (Mascate). Ils sont par contre très atténués dans le Sud-Est arabique (Sukra) (fig. 1).

#### Cadre géologique et océanologique

La région des golfs d'Aden et de Tadjoura est caractérisée par une grande instabilité tectonique et une forte activité volcanique (rifts en expansion, Le Pichon, Francheteau, 1978). Cette situation est responsable, sur les continents voisins, de la grande importance des affleurements volcaniques à dominante basaltique qui

surmontent un vieux socle cristallophyllien ou sa couverture sédimentaire. Plus à l'Est (Sukra et Mascate) les caractères géologiques de la péninsule arabique se modifient dans la mesure où prédominent les affleurements de roches sédimentaires (Laughton, 1966). A la périphérie des blocs continentaux, les différents domaines océaniques étudiés appartiennent à une marge « jeune », marquée par une morphologie très contrastée. Si, sur cette marge, les courants de surface liés au régime de mousson sont bien connus (Tchernia, 1978), les caractères des circulations profondes n'ont pas été établis avec précision.

### LES ARGILES ACTUELLES ET HOLOCÈNES

#### Les faits

Les cortèges argileux (les proportions relatives de chaque espèce minérale, au sein d'un cortège, sont indiquées selon une échelle allant de 1 à 10) sont présentés pour les différents domaines pris d'Ouest en Est (fig. 1). Dans le Ghubbet el Karab (200 m), le cortège de type I est dominé par la montmorillonite (6 à 9) avec des traces d'illite et d'interstratifiés. Dans la fosse d'Obock (1070 m), la montmorillonite (5 à 6) est toujours dominante (cortège type I), mais associée à de l'illite et de l'attapulgite. Dans le défilé d'Alula-Fartak (4 727 m), on retrouve les mêmes types d'argile mais avec prédominance de l'attapulgite (4) sur la montmorillonite et l'illite (cortège type II). Sur la marge de Sukra, à 200 m de profondeur (station 6), les argiles sont de l'attapulgite (4,5) et de l'illite (3) associées à des traces de chlorite et de kaolinite; à 900 m (station 9), le cortège est très voisin avec attapulgite (3,5) et illite (3,5) prédominantes; à 2 400 m (station 10), le cortège est encore assez proche avec illite, attapulgite et chlorite en proportions voisines. On retiendra, dans ces 3 sites, l'absence de montmorillonite ou sa présence à l'état de traces : c'est le cortège de type III. Par contre, à 4 000 m (station 5), ce minéral est bien représenté (cortège type II) en proportions comparables à l'illite et l'attapulgite avec de la chlorite et de la kaolinite en traces. Enfin aux 2 stations de la marge

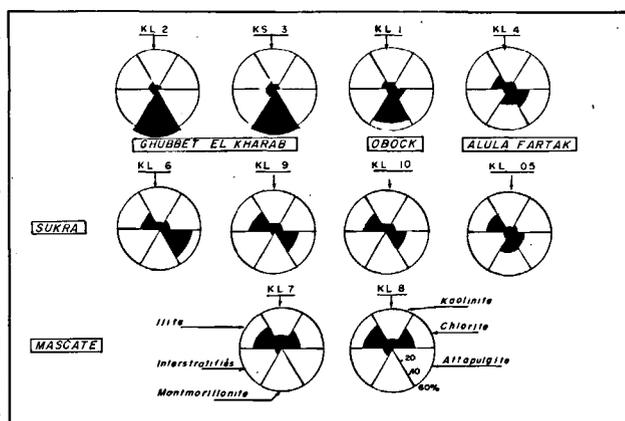


Figure 2

Les cortèges argileux des sédiments actuels ou de l'Holocène supérieur (KL, prélèvement Reineck; KS, prélèvement Kullenberg).

Clay assemblages in present or late Holocene sediments (KL, Reineck sampling; KS, Kullenberg sampling).

de Mascate (800 et 2900 m), les argiles présentent un cortège bien différent de ceux déjà rencontrés : illite et chlorite en proportions semblables (4 et 4) associées à de la kaolinite en traces (cortège de type IV).

Cette répartition (fig. 2) valable pour l'Actuel, l'est aussi pour l'Holocène avec toutefois une exception à la station 10, où l'Holocène présente un cortège de type II, alors qu'en surface l'association est de type III.

### Interprétation

#### Attapulgite

La répartition de ce minéral ne peut s'expliquer que dans la mesure où il existe des sources importantes à proximité des zones de dépôt. Ces sources doivent être recherchées sur la partie sud et sud-est de l'Arabie. L'attapulgite pourrait provenir des couches sédimentaires anciennes où elle a été mise en évidence (Latouche, communication orale), mais aussi des formations pédologiques de cette zone désertique où des néoformations peuvent se réaliser malgré les conditions de grande aridité (El Prince *et al.*, 1979). Cette argile a pu être transportée par les rivières, dans les sédiments où elle a été retrouvée (Müller, 1961) mais aussi par le vent (Hartmann *et al.*, 1971; Aston *et al.*, 1973). Une telle origine paraît être confirmée par la taille des fibres d'attapulgite, courtes et d'aspect brisé (photo I).

Par ailleurs, la distribution de cette argile ne paraît pas s'insérer dans un gradient général décroissant d'Ouest en Est (Heezen *et al.*, 1965; Goldberg, Griffin, 1970; Kolla *et al.*, 1976) et lié à des apports éoliens lointains (nord-est africain à sud-ouest arabique).

#### Montmorillonite

Le gradient décroissant observé d'Ouest en Est peut être interprété de deux manières :

– la montmorillonite a, pour une grande part, une origine continentale. Elle résulte de l'érosion éolienne et fluviale, notamment au pourtour du Golfe de Tadjoura (Gasse, Delibrias, 1976) et dans la région sud-ouest arabique (Cronan *et al.*, 1974) où la présence de roches volcaniques basiques favorise sa formation et son accumulation dans les sols et bassin lacustres. Il est alors normal de la rencontrer en très grande abondance dans cette région, et en proportions plus faibles et irrégulières vers l'Est où les affleurements volcaniques sont peu à peu remplacés par ceux des roches sédimentaires. Sa présence



Photo I  
Attapulgites en fibres courtes, probablement d'origine détritique : Sukra, station 5, niveau de surface (G x 30 000).  
*Short fiber attapulgite, probably of detrital origin: Sukra, station 5, surface level (G x 30,000).*

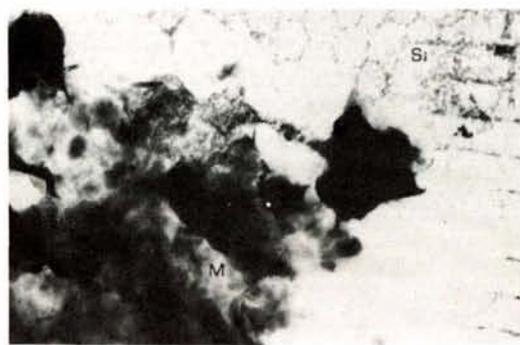


Photo II  
Montmorillonite (M) et fantômes de tests dissous d'organismes siliceux (Si) : Ghubbet el Kharab, niveau 3,80 m (G x 30 000).  
*Montmorillonite (M) and dissolved test traces from siliceous organisms (Si): Ghubbet el Kharab, level 3,80 m (G x 30,000).*

dans les seuls prélèvements profonds de la marge de Sukra peut être l'effet soit d'un tri granulométrique des minéraux argileux, la montmorillonite étant la plus facilement véhiculée, soit d'un transport par des courants profonds s'écoulant d'Ouest en Est et liés à la plongée d'eau de salinité élevée provenant de la Mer Rouge (Khimitsia, 1968, in Vangriesheim, 1974);

– une deuxième origine possible pour la montmorillonite est sa formation *in situ* par altération sous-marine de basaltes océaniques et des produits volcaniques ou organogènes siliceux associés, comme cela a été mis en évidence dans la partie centrale des océans Pacifique (Griffin *et al.*, 1968), Indien (Kolla *et al.*, 1976) ou en Méditerranée (Chamley, Millot, 1972). De telles néoformations, à partir de silice libérée par dissolution des tests de Diatomées sont suggérées par l'observation, dans de nombreux sites, de tests réduits à l'état de « reliques » au milieu de minéraux argileux (photo II). Une telle origine est avancée pour une partie des argiles du Golfe de Tadjoura (Monaco, Valette, à paraître).

Le gradient observé s'oppose au gradient de sens inverse lié à la source importante de montmorillonite située sur la bordure occidentale de la péninsule indienne (Goldberg, Griffin, 1970) et, dans l'ensemble du domaine étudié, ce minéral apparaît plutôt comme un marqueur d'apports est-africains et sud-ouest arabiques.

#### Illite-Chlorite

La répartition identique de ces deux argiles semble, là encore, déterminée par des contextes sédimentologiques locaux. En effet, sur la marge de Mascate les taux d'illite-chlorite sont les plus forts, la sédimentation est essentiellement alimentée par l'érosion des reliefs qui la bordent au Sud (Moyes *et al.*, 1980). Ceci implique pour les argiles une origine proche à rechercher dans les sols peu évolués de ces régions très déclives et à climat aride. Sur la radiale de Sukra, illite et chlorite, qui sont présentes mais en faibles proportions, pourraient provenir de l'arrière-pays. En effet, elles ont été mises en évidence en association avec l'attapulgite dans des sols d'oasis de l'Arabie Saoudite (Aba-Husayn, Sayegh, 1977). Enfin, leur quasi-absence plus à l'Ouest serait le reflet de leur rareté dans les cortèges argileux continentaux issus des roches volcaniques.

A grande échelle, la présence de gradients d'illite-chlorite, décroissant vers le Sud et vers l'Ouest depuis le Golfe

d'Oman, ont conduit les auteurs (Goldberg, Griffin, 1970; Kolla *et al.*, 1976) à faire jouer un rôle important à des apports lointains (indo-pakistanaï), soit par le vent (mousson sèche du NE), soit par les courants de surface qui leur sont liés. Nos observations montrent que sur les marges étudiées, l'influence des apports locaux paraît nettement prédominante sur celle des apports lointains.

#### Kaolinite

Ce minéral est un élément accessoire des cortèges argileux. Les très faibles teneurs observées témoignent des conditions défavorables à sa genèse régnant sur les terres émergées, à savoir des reliefs peu arrosés et mal drainés.

### LES ARGILES DU PLÉISTOCÈNE TERMINAL

#### Partie occidentale du Golfe d'Aden

De rares échantillons (3) datés de la limite Pléistocène-Holocène, et provenant du Ghubbet et Kharab et de la fosse d'Obock montrent des cortèges identiques (type I) à ceux rencontrés dans les sédiments plus récents. Les conditions climatiques légèrement différentes n'ont pas influé sur les apports d'argiles continentales où prédomine la montmorillonite.

#### Marge de Sukra

##### Station 9 (900 m)

Deux épisodes de sédimentation sont distingués : épisode *d* (entre -11 000 et -17 000 ans environ) et *e* (-17 000 à -25 000 ans environ), (Moyes *et al.*, 1980). Pour l'épisode *d*, le plus récent, 2 échantillons qui correspondent à des dépôts par courants de turbidité, montrent un cortège de type II : attapulgite (3,5 à 4), montmorillonite (2), illite (2 à 2,5) avec des traces de chlorite-kaolinite (1 à 2).

Dans l'épisode *e* plus ancien, une vase silteuse déposée dans les mêmes conditions présente un cortège de type III : illite, attapulgite et traces de chlorite-kaolinite; par contre un niveau de turbidite de plus faible énergie montre une association de type II, avec montmorillonite, attapulgite, illite. De par sa situation, cette station constitue le meilleur site témoin des apports arrivant directement du plateau et donc en grande majorité du continent voisin. Ceci est plus particulièrement vrai au Pléistocène terminal, période de bas niveau marin. La présence continue d'illite et attapulgite semble bien indiquer, comme à l'Holocène, une origine proche, à savoir, le Sud de l'Arabie. La présence irrégulière de montmorillonite paraît résulter d'un tri granulométrique : en effet, c'est dans les turbidites de plus forte énergie que sont rencontrées les teneurs faibles ou nulles de cette argile qui serait ainsi préférentiellement décantée vers les abysses.

##### Station 10 (2400 m)

Les échantillons (18 au total) montrent des cortèges voisins de ceux de l'Holocène (type II) avec illite,

attapulgite et montmorillonite associées à des traces de kaolinite et chlorite. Les proportions d'illite et d'attapulgite sont à peu près constantes. Cela nous conduit ici également à faire jouer un rôle plus important aux apports locaux qu'à ceux d'origine lointaine. Par contre, les taux de montmorillonite sont variables (0,5 à 3) et ne sont pas liés au mode de transport, contrairement au site précédent.

##### Station 5 (4010 m)

Les turbidites d'énergie modérée fréquentes dans les sédiments (6 échantillons) présentent un cortège identique à celui des faciès holocènes (illite, montmorillonite, attapulgite) ainsi qu'à celui observé précédemment aux stations 9 et 10 : ce cortège représente le fond de la sédimentation argileuse alimentée de façon à peu près continue par des apports locaux. Par contre des niveaux sableux plus rares (3 échantillons), de type turbidite d'énergie élevée ou de type contourite (Moyes *et al.*, 1980), ont un cortège proche du type IV avec illite et chlorite prédominantes, associées soit à de la montmorillonite, soit à de l'attapulgite en faibles proportions. Ce cortège, déjà observé à Mascate et caractéristique d'apports lointains orientaux, paraît directement lié au mode de transport : il pourrait résulter de courants de turbidité ou de contour issus du cône sous-marin de l'Indus.

#### Marge de Mascate

Aux 2 stations (18 échantillons) on retrouve un cortège semblable à celui de l'Holocène (illite, chlorite), avec en plus des traces d'attapulgite. Au Pléistocène terminal, cette marge alimentée par des écoulements par gravité, depuis le littoral ou le plateau, qui est très étroit, reste sous l'influence prépondérante d'apports locaux.

### CONCLUSION

La sédimentation argileuse au voisinage des marges continentales du Golfe d'Aden et de la Mer d'Oman paraît caractérisée par les modalités suivantes :

- les apports argileux d'origine locale prédominent sur les apports lointains;
- la distribution des cortèges permet de distinguer 3 provinces minéralogiques d'extension limitée (fig. 3) :

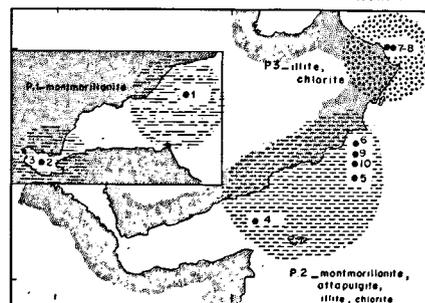


Figure 3  
Provinces minéralogiques.  
Mineralogical provinces.

une province occidentale où le cortège des argiles est dominé par la montmorillonite (Golfe de Tadjoura); une province orientale où le cortège est caractérisé par l'association illite-chlorite (Mascate); une province intermédiaire (Allula-Fartak et Sukra) caractérisée par un mélange d'argiles avec, associées à l'illite, la chlorite et la kaolinite, de l'attapulgit et de la montmorillonite en proportions variables. Une telle interprétation rejoint les conclusions des travaux effectués sur la fraction sableuse des sédiments (Popov, Gershanovich, 1978);

— deux types de processus sont susceptibles de perturber les apports argileux d'origine locale : les néogènes et les apports allochtones. Les premières sont possibles pour les montmorillonites dans les domaines où le volcanisme est le plus actif (Ghubbet el Kharab, Obock). Les seconds résultent de 2 modes de transport différents : éoliens, ils jouent un rôle accessoire dans la

sédimentation; marins (courants de turbidité ou de contour), ils se manifestent par des apports relativement constants (montmorillonite depuis l'Ouest) ou épisodiques (illite-chlorite depuis l'Est), convergents vers la marge de Sukra;

— les faibles variations du climat au cours du Quaternaire récent ne se traduisent pas directement dans les cortèges argileux. Par contre, les variations du niveau marin qui leur sont liées, intervenant sur le mode de mise en place des sédiments, peuvent influencer indirectement sur la composition minéralogique de ces cortèges.

#### Remerciements

Les photos ont été réalisées par M<sup>lle</sup> N. Maillet, que nous remercions vivement.

#### RÉFÉRENCES

- Aba-Husayn M. M., Sayegh A. M., 1977. Mineralogy of Al-Hasa desert soils (Saudi Arabia), *Clays Clay Miner.*, **35**, 138-147.
- Aston S. R., Chester R., Johnson L. R., Padghan R. C., 1973. Eolian dust from the lower atmosphere of the eastern Atlantic and Indian Ocean, China Sea and Sea of Japan, *Mar. Geol.*, **14**, 2, 15-28.
- Caratini C., Bellet J., Tissot C., 1980. *Orgon IV. Étude microscopique de la matière organique, palynologie et palyofaciès*, CNRS éd., Paris, à paraître.
- Chamley H., Millot G., 1972. Néof ormation de montmorillonite à partir de diatomées et de cendres dans les sédiments marins de Santorin (Méditerranée orientale), *C. R. Acad. Sci., Paris*, **274**, 8, 1132-1134.
- Climap Project Members, 1976. The surface of the Ice-Age Earth, *Science*, **191**, 1131-1137.
- Cronan D. S., Damiani V. V., Kinsman D. S. J., Thiede J., 1974. Sediments from the Gulf of Aden and western Indian Ocean, edited by R. L. Fisher, E. T. Bunce *et al.*, *Initial Rep. DSDP*, **24**, Washington, 1047-1110.
- El Prince A. M., Mashhady A. S., Aba-Husayn M. M., 1979. The occurrence of pedogenic palygorskite (attapulgit) in Saudi Arabia, *Soil. Science*, **128**, 4, 211-218.
- Gasse F., Delibrias G., 1976. Les lacs de l'Afar Central (Éthiopie et TFAI) au Pléistocène supérieur, in: *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*, édité par S. Horie, **4**, 529-575.
- Griffin J. J., Windom H., Goldberg E. D., 1968. The distribution of clay minerals in the world ocean, *Deep-Sea Res.*, **15**, 433-459.
- Goldberg E. D., Griffin J. J., 1970. The sediments of the northern Indian Ocean, *Deep-Sea Res.*, **17**, 513-517.
- Hartmann M., Lange H., Seibold E., Walger E., 1971. Oberflächensedimente im Persischen Golf und Golf von Oman. I-Geologisch-Hydrologischer Rahmen und erste sedimentologische Ergebnisse, *Meteor-Forsch-Ergebnisse C*, **4**, 1-76, Berlin-Stuttgart.
- Heezen B. C., Nesteroff D., Oberlin A., Sabatier G., 1965. Découverte d'attapulgit dans les sédiments profonds du Golfe d'Aden et de la Mer Rouge, *C. R. Acad. Sci., Paris, sér. D.*, **260**, 5819-5821.
- Kolla V., Henderson L., Biscaye P. E., 1976. Clay mineralogy and sedimentation in the western Indian Ocean, *Deep-Sea Res.*, **23**, 949-961.
- Laughton A. S., 1966. The Gulf of Aden, in: A discussion concerning the floor of the northwest Indian Ocean, *Philos. Trans. R. Soc.*, **259**, 150-171.
- Le Pichon X., Francheteau J., 1978. A plate-tectonic analysis of the Red Sea-Gulf of Aden area, *Tectonophysics*, **46**, 3-4, 369.
- Monaco A., Valette J. N. (à paraître). Environnement géochimique des dépôts pliocènes et quaternaires de la Mer Rouge et du Golfe d'Aden, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris.
- Moyes J., Duprat J., Faugères J. C., Gonthier E., Pujol C., 1980. *Orgon IV. Étude stratigraphique et sédimentologique*, CNRS éd., Paris, à paraître.
- Müller G., 1961. Palygorskite und sepiolith in tertiären und quaternären sediment von Hadramaut (S. Arabien), *Neus J. Miner., Stuttgart*, **97**, 275-288.
- Popov V. P., Gershanovich D. Y., 1978. Terrigenous-mineralogical provinces of recent bottom sediments on the continental margins in the Arabian and the Gulf of Aden, *Oceanology*, **18**, 2, 177-180.
- Tchernia P., 1978. *Océanographie régionale. Description physique des océans et des mers*, École Nat. Sup. des Techniques Avancées, Paris, 257.
- Vangriesheim A., 1974. *Rappel des connaissances acquises sur le Golfe d'Aden au cours des campagnes antérieures à 1968 (1<sup>re</sup> partie). Structure, hydrologie et dynamique du Golfe d'Aden d'après la V<sup>e</sup> campagne du « Commandant Robert Giraud » du 25.12.62 au 14.1.63 (2<sup>e</sup> partie)*, Publ. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, Lab. Océanogr. Phys., 19-30.

## Aquatic pollution, an introductory text

par Edward A. Laws

482, pages, index

Publié par John Wiley and Sons, Wiley Interscience Publication, Chichester, 1981.

19,05 livres sterling.

Cet ouvrage a pour but d'exposer les grands problèmes actuels de la pollution aquatique, en s'appuyant le plus possible sur des exemples concrets. Les trois premiers chapitres ont pour but de fournir des rappels indispensables sur des notions fondamentales à la bonne compréhension du contenu de l'ouvrage.

Des aspects classiques et généraux concernant les chaînes alimentaires, les niveaux trophiques, le recyclage, les pyramides écologiques et les principaux facteurs limitant la production primaire sont passés en revue : lumière, nutriments, résurgences, mélanges verticaux, courants, mélanges en estuaires.

Les problèmes des rejets urbains sont étudiés sur le cas d'un lac de Floride. Le traitement des eaux d'égoût, leur utilisation, les organismes pathogènes et les substances toxiques sont exposés dans plusieurs chapitres. Les notions de conditionnement, d'acclimatation, d'interaction entre facteurs non létaux et entre substances toxiques sont correctement introduits.

Le thème pollution industrielle se limite surtout aux variations de la teneur en oxygène dans des cas de production de pâte à papier, en Floride, et du sucre de canne à Hawaï.

Les effets des pesticides, de la pollution thermique et de ses éventuelles utilisations, du rôle des métaux, des hydrocarbures et enfin de la radioactivité sont exposés dans chacun des chapitres suivants.

L'ouvrage s'adresse non pas à un large public, mais à des lecteurs avertis possédant déjà de bonnes notions d'écologie aquatique et d'océanographie.

La pollution comporte de très nombreuses facettes et les ouvrages consacrés à ce thème ne réussissent que très rarement à présenter un tableau homogène et bien pondéré de ces différents aspects. Malgré ses évidentes qualités, l'ouvrage souffre de quelques déséquilibres dans le développement de certains chapitres, voire de lacunes.

Les facteurs limitant la production primaire ne font aucune place aux substances organiques naturelles ou aux facteurs de croissance dissous par exemple.

Le chapitre consacré aux métaux se limite en fait à trois métaux : mercure (28 p.), cadmium (16 p.) et plomb (14 p.). Très peu de faits concernant les éléments entrant dans la constitution normale de la matière vivante sont exposés. Rares sont les indications sur les processus d'adaptation ou de perturbation aux niveaux physiologique et biochimique comme la synthèse des métallothionéines par exemple.

Les effets des hydrocarbures sont illustrés par le cas de Buzzard Bay, étudié par les scientifiques de Woods Hole en 1969. Pour un ouvrage publié en 1981, des cas récents plus importants — hélas — et plus remarquables ayant donné lieu à une abondante littérature scientifique, auraient pu être exposés également, même de façon sommaire. Par ailleurs, la place faite aux éléments transuraniens paraît trop modeste en regard de leur importance.

Parmi les autres lacunes, citons la trop faible part consacrée à la pollution bactérienne humaine en mer, à l'atteinte des nappes phréatiques, aux aspects sociologiques, réglementaires ou internationaux de la pollution.

Ouvrage utile contenant un grand nombre de faits précis, trop limités à des exemples américains — sauf très rares exceptions. La bibliographie est pratiquement entièrement de langue anglaise, délaissant les travaux originaux japonais, russes et surtout européens.

Ouvrage pragmatique plutôt que synthétique, traitant du monde marin plutôt que du milieu aquatique dans son ensemble, plurispécialisé plutôt qu'intéressant.

Hubert J. Ceccaldi.  
École pratique des Hautes Études,  
Station marine d'Endoume,  
13007 Marseille.

## Evolution of physical oceanography Scientific surveys in honor of Henry Stommel

Edited by Bruce A. Warren and Carl Wunsch.

623 pages.

Published by MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1981.

23,25 livres sterling.

The book is a tribute to Henry Stommel on the occasion of his sixtieth birthday. The scientific chapters are preceded by five short contributions written by A. B. Arons, G. Veronis, R. B. Montgomery, G. E. R. Deacon and F. C. Fuglister. They enlighten the immense influence Henry Stommel had on the development of physical oceanography during the past four decades and, moreover, they give an excellent description of this great personality.

The volume consists of eighteen invited survey articles, grouped into four sections:

*Part I: General ocean circulation* consists of seven chapters and deals with the large-scale circulation. The contributions range from the discussion of physical concepts to the classical description of oceanographic fields. The Gulf Stream system plays a major role in this part.

*Part II: Physical processes in oceanography* summarizes in six chapters the present knowledge on the main processes which underlie the large-scale circulation and which may contribute to mixing in different scales. The articles cover small-scale mixing, internal waves, long waves and tides, convection and low-frequency variability. Included is a chapter in which problems of biological oceanography are discussed.

*Part III: Techniques of investigation.* This part starts with some recent developments in instrument design followed by a section on radioisotope tracers and closes with a review on laboratory experiments which have been extremely helpful in understanding physical processes in the ocean.

*Part IV: Oceans and atmosphere.* The first chapter in this part covers the classical field of air-sea interaction, the second one is directed to the analogies between atmosphere and ocean.

The volume consists of eighteen individual contributions. With a few exceptions all of the authors have lived around Woods Hole for a long time.

*Evolution of physical oceanography* is not intended to be a text book. The personal view of some of the authors is evident from their articles. But the book belongs on the desk of each oceanographer. It is probably the most comprehensive and up-to-date account in many fields of physical oceanography.

W. Krauss  
Institut für Meereskunde an der Universität Kiel,  
Düsternbrooker Weg 20,  
D 2300 Kiel 1, RFA.