



DIFFUSION VERTICALE DANS LES EAUX SUPERFICIELLES DE L'OUEST DE LA MER MÉDITERRANÉE ET DU SUD DE LA MER ROUGE

B Saint-Guily

► To cite this version:

B Saint-Guily. DIFFUSION VERTICALE DANS LES EAUX SUPERFICIELLES DE L'OUEST DE LA MER MÉDITERRANÉE ET DU SUD DE LA MER ROUGE. Vie et Milieu , 1968, pp.225-232. hal-02952801

HAL Id: hal-02952801

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02952801>

Submitted on 29 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DIFFUSION VERTICALE

DANS LES EAUX SUPERFICIELLES

DE L'OUEST DE LA MER MÉDITERRANÉE

ET DU SUD DE LA MER ROUGE

par B. SAINT-GUILY

Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris
Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer

L'existence de la turbulence dans les mouvements naturels est liée aux nombres de REYNOLDS élevés qui les caractérisent. On a ainsi dans les océans un régime de courants dans lequel les vitesses fluctuent continuellement et de façon désordonnée autour de valeurs moyennes. Les trajectoires des particules fluides sont alors enchevêtrées, et il en résulte un mélange intense. La turbulence joue donc un rôle déterminant dans les échanges mécaniques et thermiques, et dans la diffusion des sels de l'eau de mer. Le mécanisme de cette diffusion turbulente est complexe et s'effectue dans une gamme d'échelles assez large. Une part essentielle de ce mécanisme se situe à une échelle relativement petite, de l'ordre du mètre. Ce domaine est celui de la structure fine de la turbulence, et son étude nécessite des mesures directes des fluctuations de vitesse et de température, à l'aide d'outils sensibles et précis.

Par contre, on peut choisir un point de vue global et considérer la diffusion moyenne à une échelle plus grande. On détermine alors, de façon indirecte, des valeurs du coefficient de diffusion verticale en étudiant la distribution moyenne de la température ou de la salinité. Les régions où existe une veine d'eau de salinité spécifique, animée d'une vitesse moyenne sensible, conviennent bien à ce genre d'analyse. Si la vitesse du courant n'est pas trop faible, la diffusion horizontale peut être regardée comme négligeable.

En effet, J. JOSEPH, H. SENDNER et H. WEIDMANN (1964) ont montré que la vitesse de diffusion horizontale est de l'ordre de 1 cm S^{-1} . On peut alors admettre, le mouvement moyen étant permanent, qu'il y a équilibre entre le flux de sel apporté par convection horizontale, et le flux de sel perdu par diffusion verticale. Dans ces conditions l'équation de conservation peut s'écrire sous la forme suivante :

$$u \frac{\partial S}{\partial x} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial S}{\partial z} \right),$$

où S désigne la salinité, k le coefficient de diffusion verticale, u la composante horizontale et w la composante verticale de la vitesse; l'axe ox est orienté dans le sens de la veine de courant. Si on intègre cette équation depuis la profondeur h^* correspondant au maximum ou au minimum de salinité, on obtient la relation

$$k \frac{\partial S}{\partial z} = \int_{h^*}^z \left(u \frac{\partial S}{\partial x} + w \frac{\partial S}{\partial z} \right) dz,$$

qui permet de déterminer les valeurs du coefficient k . Cette méthode a été employée localement par J.P. JACOBSEN (1913) et par d'autres. Elle est appliquée ici de façon globale, c'est-à-dire sur des valeurs moyennes représentatives d'une région assez étendue.

DIFFUSION EN MER D'ALBORAN ET DANS L'OUEST DE LA MER MÉDITERRANÉE

Une première région a été choisie dans la mer d'Alboran et dans la partie ouest de la Méditerranée occidentale. Les observations faites par le « Passeur du Printemps » au mois d'août 1957 ont été utilisées (Fig. 1). Les valeurs moyennes des salinités ont été déterminées à partir des stations Nos 701 à 704, 706 à 709 et 713 à 733. Dans la couche voisine de la surface, le courant général est dirigé vers l'Est. Le courant géostrophique correspondant u , a été calculé à l'aide des couples de stations Nos 713 et 717, 718 et 721, 722 et 725, 726 et 729, 730 et 733. On a admis que la profondeur moyenne était de 1 000 m et que le flux total était nul. Dans ces conditions le flux superficiel vers l'Est, sur une largeur de 60 milles, est égal à $1.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ S}^{-1}$; et cette valeur correspond bien à celle du flux entrant à Gibraltar $1.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ S}^{-1}$ (H. LACOMBE, ... 1964). La vitesse verticale géostrophique est alternativement positive et négative; elle est négligeable en moyenne. Les données

du calcul et les résultats sont groupés dans le tableau I. La profondeur marquée d'une astérisque correspond au minimum de la salinité, et E désigne la stabilité :

$$E = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z}$$

TABLEAU I
Méditerranée Occidentale (partie Ouest)

Profondeur m	S ‰	$\frac{\partial S}{\partial z}$	$\frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$	$\frac{\partial S}{\partial x}$	u cm s ⁻¹	E cm ⁻¹	k cm ² s ⁻¹
20	36.67	+ 0.17 10 ⁻⁴	+ 2.0 10 ⁻⁸	+ 0.7 10 ⁻⁸	+ 16.	63.10 ⁻⁸	3.2
* 25	36.67	0	+ 4.5	+ 0.7	+ 15.	65.	* 2.5
30	36.67	- 0.3	+ 3.5	+ 0.8	+ 15.	60.	2.0
50	36.81	- 0.7	+ 1.5	+ 0.8	+ 12.	22.	3.6
75	37.01	- 1.0	+ 1.0	+ 0.7	+ 9.	19.	4.8
100	37.29	- 1.1	-	+ 0.6	+ 5.	16.	5.5
150	37.81	- 0.9	-	+ 0.3	- 0.5	10.	7.5
200	38.19	- 0.5	-	- 0.1	- 2.5	5.	14.

Les petites valeurs du coefficient de diffusion correspondent bien à la pycnocline, c'est-à-dire au maximum de stabilité, et s'accordent avec les valeurs obtenues par ailleurs (B. SAINT-GUILY, 1966).

Le gradient horizontal de salinité étant généralement mal défini, la précision n'est pas très bonne. Au-dessous de la profondeur de 100 m, la vitesse moyenne et le gradient horizontal de salinité sont faibles, et les valeurs de k sont de ce fait imprécises.

DIFFUSION DANS LE SUD DE LA MER ROUGE

La région sud de la mer Rouge présente une situation tout à fait comparable au moins durant l'hiver. Aussi un calcul semblable a été effectué à l'aide des observations faites par M. MENACHE à bord du « Cdt Robert Giraud » durant l'hiver 1962-1963 (voir fig. 2). Les valeurs moyennes des salinités ont été déterminées à partir des stations Nos 461 à 472, et 475 à 483. Pour calculer les courants géostrophiques u et w, on a utilisé les couples de stations suivants : Nos 463 et 465, 467 et 469, 470 et 472, 476 et 478, 479 et 483; on a choisi une profondeur moyenne égale à 500 m, et on a admis que le flux total était nul. Dans ces conditions on obtient un flux moyen superficiel vers le Nord, sur une largeur de 60 milles, égal à 0.6 10⁶ m³ S⁻¹. Le courant vertical géostro-

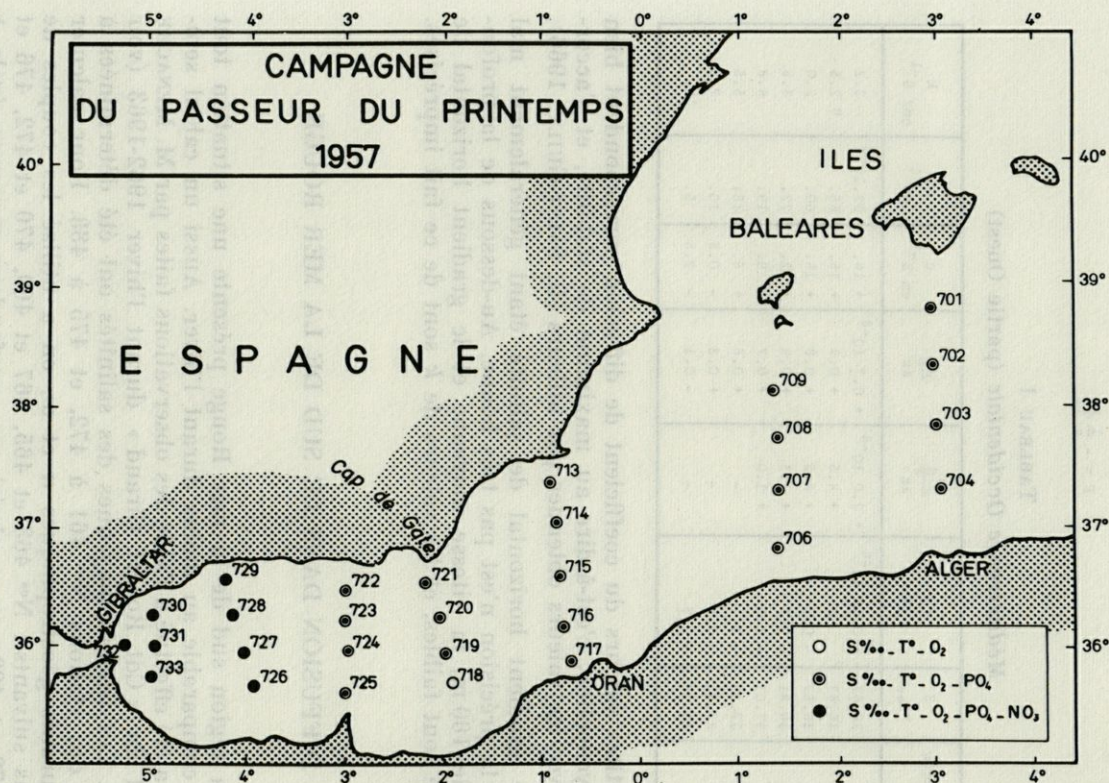


FIG. 1. — Stations utilisées pour le calcul du coefficient de diffusion dans la partie ouest de la Méditerranée.

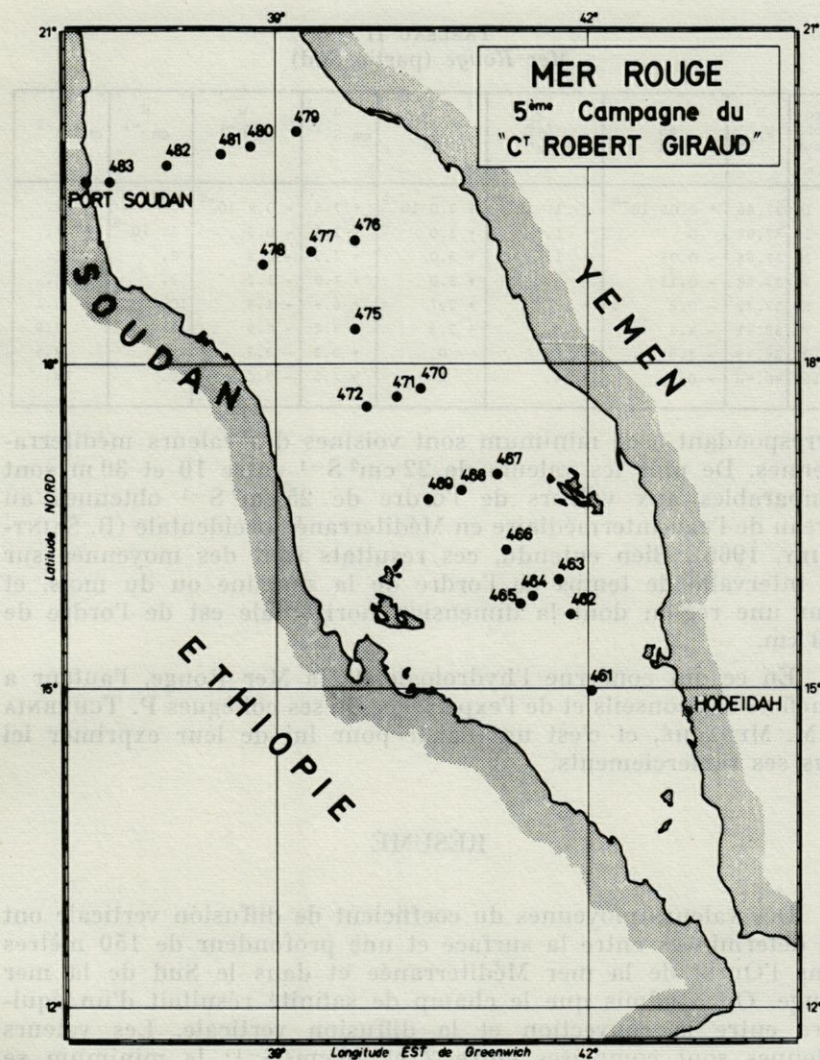


FIG. 2. — Stations utilisées pour le calcul du coefficient de diffusion dans la partie sud de la mer Rouge.

phique n'est pas négligeable : il indique une plongée avec un ordre de grandeur correct. Les données et les résultats du calcul sont groupés dans le tableau II. La profondeur marquée d'une astérisque correspond au minimum de la salinité.

Là encore le minimum du coefficient de diffusion se trouve bien au niveau de la pycnocline (entre 75 et 100 m), et les valeurs

TABLEAU II
Mer Rouge (partie Sud)

Pro- fon- deur m	S ‰	$\frac{\partial S}{\partial z}$	$\frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$	$\frac{\partial S}{\partial x}$	u cm S ⁻¹	w cm S ⁻¹	E cm ⁻¹	k cm ² S ⁻¹
10	37.66	+ 0.05 10 ⁻⁴	+ 1. 10 ⁻⁸	+ 3.0 10 ⁻⁸	+ 7.5	- 0.4 10 ⁻⁴	0	22.
* 15	37.66	0	+ 1.	+ 3.0	+ 7.5	- 0.6	1. 10 ⁻⁸	* 22.
20	37.66	- 0.05	+ 1.	+ 3.0	+ 7.5	- 0.8	2.	22.
30	37.68	- 0.15	+ 1.	+ 3.0	+ 7.0	- 1.2	3.	22.
50	37.72	- 0.8	+ 10.	+ 2.7	+ 6.8	- 1.9	10.	9.1
75	38.41	- 4.2	+ 4.	+ 2.3	+ 4.2	- 2.6	35.	2.9
100	39.49	- 3.6	- 5.	0	+ 0.3	- 3.3	47.	4.5
150	40.40	- 0.7	- 4.	0	- 2.5	- 3.0	10.	28.

correspondant à ce minimum sont voisines des valeurs méditerranéennes. De plus les valeurs de 22 cm² S⁻¹ entre 10 et 30 m sont comparables aux valeurs de l'ordre de 25 cm² S⁻¹ obtenues au niveau de l'eau intermédiaire en Méditerranée occidentale (B. SAINT-GUILY, 1966). Bien entendu, ces résultats sont des moyennes sur un intervalle de temps de l'ordre de la semaine ou du mois, et pour une région dont la dimension horizontale est de l'ordre de 100 km.

En ce qui concerne l'hydrologie de la Mer Rouge, l'auteur a bénéficié des conseils et de l'expérience de ses collègues P. TCHERNIA et M. MENACHÉ, et c'est un plaisir pour lui de leur exprimer ici tous ses remerciements.

RÉSUMÉ

Des valeurs moyennes du coefficient de diffusion verticale ont été déterminées entre la surface et une profondeur de 150 mètres dans l'Ouest de la mer Méditerranée et dans le Sud de la mer Rouge. On a admis que le champ de salinité résultait d'un équilibre entre la convection et la diffusion verticale. Les valeurs obtenues sont comprises entre 2 et 28 cm² S⁻¹; le minimum se situe au niveau de la pycnocline.

SUMMARY

Between the surface and a depth of 150 metres in the Western part of the Mediterranean Sea and South of the Red Sea mean values of the eddy diffusion coefficient have been

obtained. It has been assumed that the salinity field is occurring as a result of a balance between advection and vertical diffusion. The computed values range from 2 to $28 \text{ cm}^2 \text{ S}^{-1}$; the minimum is located at the pycnocline's level.

ZUSAMMENFASSUNG

Im westlichen Mittelmeer und im südlichen Teil des roten Meeres wurden mittlere Werte des Koeffizienten der vertikalen Diffusion zwischen der Oberfläche und 150 Meter Tiefe bestimmt. Man hat angenommen, dass das Salzgehaltfeld als Resultat eines Gleichgewichtes zwischen Convection und vertikaler Diffusion entstand. Es wurden Werte von 2 bis $28 \text{ cm}^2 \text{ S}^{-1}$ erhalten; das Minimum liegt auf dem Niveau der Pyclocline.

BIBLIOGRAPHIE

- JACOBSEN, J.P., 1913. Beitrag zur Hydrographie der dänischen Gewässer. *Meddr Kommn Havunders.*, Ser. Hydr., V, 2 (2) (Copenhagen).
- JOSEPH, J., H. SENDNER et H. WEIDMANN, 1964. Untersuchung über die horizontale Diffusion in der Nordsee. *Dt. hydrogr. Z.*, 17 (2) : 57-75.
- LACOMBE, H., P. TCHERNIA, C. RICHEL, L. GAMBERONI. Deuxième contribution à l'étude du régime du détroit de Gibraltar. *Cah. océanogr.*, 17 (4) : 283-327.
- MÉNACHÉ, M. Cinquième Campagne du « Cdt Robert Giraud » de décembre 1962 à février 1963. Non publié.
- « PASSEUR DU PRINTEMPS », 1960. Stations hydrologiques effectuées dans le cadre des travaux de l'année géophysique internationale. *Trav. Cent. Rech. Etud. océanogr. Paris*, 3 (4) : 17-22.
- SAINT-GUILY, B., 1963. On vertical heat convection and diffusion in the South Atlantic. *Dt. hydrogr. Z.*, 16 (6) : 263-268.
- SAINT-GUILY, B., 1966. Diffusion verticale au niveau de l'eau intermédiaire. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 66 (1367) : 12 p.
- SAINT-GUILY, B., 1966. Diffusion thermique turbulente au niveau de la pycnocline. *Rapports et Procès-Verbaux Commn intern. Mer Méditerran.*, 18 (3) : 865-869.

Reçu le 27 mars 1968.

