

LE BILAN HYDROLOGIQUE DE LA MER NOIRE

Gh. Șerpoianu

Institut Roumain de Recherches Marines Constanța

La mer Noire est une mer continentale à bilan positif, la quantité des eaux sortant par le Bosphore dans la mer de Marmara étant d'environ deux fois plus grande que celle qui entre.

Etant données les différences très grandes entre les salinités des eaux sortantes et entrantes, ainsi que le grand apport fluvial, la connaissance du bilan hydrologique de la mer Noire représente un problème très important pour mieux comprendre les particularités hydrologiques et biologiques que cette mer présente, et aussi pour prévoir les changements qui pourraient y survenir.

La détermination des valeurs de certains composants du bilan hydrologique est assez difficile, ce qui explique les différences rencontrées dans la littérature spécialisée. Pourtant, l'analyse des données dont nous disposons à présent permet quelques clarifications qui imposent une reconsidération des valeurs du bilan existant.

En admettant que le niveau de la mer Noire se maintient presque constant, on peut obtenir le bilan hydrologique d'après la formule :

$$Q + P + K + B = E + K_1 + B_1, \text{ où}$$

Q = apport fluvial

P = précipitations

K et K_1 - entrées et sorties par Kertch

B et B_1 = entrées et sorties par le Bosphore

E = évaporation

Les valeurs des composants positifs du bilan

Apport fluvial. De tous les composants du bilan hydrologique de la mer Noire, l'apport fluvial représente le facteur dont la valeur peut être établie maintenant avec une précision satisfaisante, parce qu'on dispose d'observations multiannuelles sur le débit de tous les cours d'eau importants qui se déversent dans la mer Noire.

Néanmoins, en ce qui concerne l'apport fluvial, on rencontre des données très différentes. Certains auteurs ont estimé le volume annuel des eaux fluviales à des valeurs dépassant 400 km³, par exemple : Spindler et Vranghel (1899), 474 km³; Neumann et Rosenan (1954), 427 km³, Jivago (1957), 467 km³ etc.

Dans des travaux plus récents, on trouve des valeurs sensiblement plus réduites, la valeur minimale que nous avons rencontrée dans la littérature étant celle de Leonov (1960), 309 km³, qui n'inclut pas les eaux fluviales qui se déversent dans la mer d'Azov.

Nous considérons que les données de Berenbeim (1960, 1961) - qui indique le débit continental des grands fleuves dans les diverses zones de la mer - sont les plus précises. D'après cet auteur, l'apport fluvial - sauf la mer d'Azov - représente annuellement 341 km³ (tableau 1).

En remarquant que d'après les plus récentes données, celles de Diaconu et Nichiforov (1963), le débit du Danube - qui seul donne 59% du total - s'établit pour la période 1929-1959, à 196 km³ par rapport à 201 km³, et étant donné le fait qu'à présent les eaux fluviales sont de plus en plus utilisées, on peut conclure que l'apport moyen des eaux fluviales ne peut pas dépasser 336 km³ annuellement. Cette valeur n'inclut pas les eaux douces qui se déversent dans la mer d'Azov.

Précipitations. La quantité de précipitations tout au long du littoral de la mer Noire diffère beaucoup de celle enregistrée en pleine mer.

Les auteurs qui ont calculé la quantité de précipitations d'après les données des stations littorales, arrivent à des valeurs

dépassant 200 km³, jusqu'à 230 km³ annuellement (Sprindler et Vranghel, Müller, 1928; Leonov, 1960).

Tableau 1

L'apport fluvial dans la mer Noire d'après Berenbeim, 1961

Z o n e	km ³	%
Nord-Ouest - entre le Danube et le golfe Karkinit :		
le Danube	201	59
le Dniépr	52	15
le Dniestr	10	3
le Bug + Les petites rivières	4	1
La côte de Crimée du golfe Karkinit à Kertch	5	2
La côte de Caucase de Kertch à cap Gonia	41	12
La côte d'Anatolie de cap Gonia à cap Stéphanos	25	7
La côte d'ouest de cap Stéphanos jusqu'au Danube	3	1
	341	100

Berenbeim (1961) et Soliankin (1963), analysant les résultats des observations multiannuelles effectuées sur l'île des Serpents, ainsi que ceux obtenus sur les navires, en pleine mer, constatent de grandes différences par rapport aux zones littorales. Les deux auteurs mentionnés, arrivent ainsi à des valeurs environ deux fois plus petites; à 120 km³ et 119 km³ par an, respectivement.

Au vu des derniers résultats obtenus par Berenbeim (1961) et Soliankin (1963), nous considérons que la valeur d'environ 120 km³ par an est plus exacte et doit être utilisée dans le calcul du bilan hydrologique.

Entrée des eaux par Kertch. La quantité d'eau que la mer Noire reçoit de la mer d'Azov par Kertch a été estimée à 66 km³ par Jivago (1957); 95 km³ par Leonov (1960); 59 km³ par Berenbeim (1961) et 53,4 km³ par Soliankin (1963). Le dernier auteur cité mentionne que la valeur donnée a été obtenue par Sehtann en se fondant sur la synthèse de plusieurs travaux concernant la circulation des eaux par Kertch. Nous considérons que cette valeur plus récente - proche de celle indiquées par les autres auteurs, à l'exception de Leonov - est plus correcte. Soliankin estime le débit de la mer d'Azov dans la mer Noire à 20,8 km³ annuellement (53,4 - 32,6).

Entrée des eaux par le Bosphore. La première évaluation du volume des eaux qui pénètrent de Marmara dans la mer Noire a été faite par Makarov (1855), qui donne la valeur de 179 km³ annuellement. Müller (1928) estime le volume de ces eaux à 195 km³. Tous les auteurs

qui se réfèrent ultérieurement à cette question, indiquent l'une des deux chiffres mentionnés ou des valeurs comprises entre ceux-ci.

Quoique les opinions d'Ullyott et Ilgaz (1946) - qui considèrent que les eaux de la mer de Marmara ne peuvent pénétrer qu'exceptionnellement dans la mer Noire - ne puissent pas être acceptées (Pektaş, 1954; Bogdanova, 1964, 1965; Rojdenstvenski, 1971; Serpoianu, 1960, 1967), il y a pourtant assez de raisons qui justifient une analyse de la validité des chiffres concernant les volumes de eaux issues de la mer de Marmara.

Premièrement, il faut tenir compte qu'à cause des variations des conditions météorologiques, ainsi que de celles du niveau de la mer Noire, la circulation par le Bosphore subit des oscillations importantes, ce qui ne permet l'évaluation des volumes des eaux qui pénètrent et sortent de la mer Noire, à partir de mesures de courants, qu'avec une grande approximation.

Deuxièmement quoique nous ne disposons pas d'assez de données, il est pourtant difficile d'admettre que le volume des eaux qui pénètrent par le Bosphore soit presque égal au débit du Danube. Dans ce cas, l'influence des eaux de la mer de Marmara devrait se faire sentir au voisinage du fond dans la zone bosphorique de la mer Noire, d'une manière relativement comparable à celle similaire qui est due aux eaux douces du Danube, dans la couche superficielle de la zone des embouchures du Danube (Serpoianu et Chirilă, 1964). Or, les différences sont grandes.

Dans cette situation, nous considérons qu'il est plus juste d'estimer le volume des eaux qui pénètrent par le Bosphore dans la mer Noire, en se fondant sur la valeur de l'excédent d'eau douce. En admettant que la salinité des eaux de la mer Noire demeure constante - et nous ne disposons pas de données qui montrent des changements évidents de diminutions ou d'augmentation de la salinité - il faut admettre que l'apport en sel des eaux de la mer de Marmara maintient l'équilibre de l'actuel régime de la salinité de la mer Noire.

La valeur de l'excédent d'eau douce de la mer Noire (apport fluvial + précipitations + l'apport d'eau douce par Kertch - évaporation), représente 137 km^3 ($336 + 120 + 21 - 340$). Nous savons que les eaux sortantes de la mer Noire ont une salinité, d'environ 18 ‰ et les eaux issues de la mer de Marmara ont une salinité légèrement supérieure à 38 ‰.

Etant donné que nous connaissons la différence entre le volume des eaux qui pénètrent de Marmara (V) et le volume des eaux qui sortent de la mer Noire (V_1) et aussi les valeurs de la salinité de ces eaux (S et S_1), nous pouvons en obtenir :

$$V_1 - V = 137 \text{ km}^3$$

$$\frac{V_1}{V} = \frac{S}{S_1}$$

D'où résulte que $V = 123,3 \text{ km}^3$ et $V_1 = 260,3 \text{ km}^3$, d'après les calculs suivantes :

$$V_1 = V + 137$$

$$\frac{V + 137}{V} = \frac{38}{18}$$

$$38 V = 18 V + 2466$$

$$20 V = 2466$$

$$V = 123,3 \text{ km}^3$$

$$V_1 = 123,3 + 137 = 260,3 \text{ km}^3$$

Les valeurs des composants négatifs

Evaporation. Les plus basses valeurs concernant l'évaporation dans la mer Noire sont celles de Kocikov (1961) et Berenbeim (1961) qui indiquent les chiffres de 60 cm et respectivement 69 cm annuellement.

La plupart des auteurs estiment que l'évaporation dépasse dans la mer Noire 80 cm annuellement: Müller (1928), 84 cm; Pektaş (1958), 84 cm; Bruevici (1960), 85 cm; Leonov (1960), 88 cm; Prusenkov (1962), 85 cm. Neumann et Rosenan (1954) indiquent une valeur beaucoup plus grande (110 cm). D'après les données des auteurs mentionnés, il résulte que l'évaporation dépasse 338 km^3 , volume qui correspond à une valeur annuelle de 80 cm.

Il faut relever le fait que Kocikov (1961) et Prusenkov (1962) ont utilisé la même base - "L'atlas climatologique et hydrologique de la mer Noire" 1956; mais les valeurs obtenues diffèrent beaucoup à cause de la différence des méthodes de calcul employées.

Etant donné que la plupart des auteurs estiment la valeur de l'évaporation à plus de 338 km^3 , nous allons prendre en calcul du bilan hydrologique la valeur de 340 km^3 .

Sorties des eaux par Kertch. Nous avons accepté pour les entrées des eaux dans la mer Noire par Kertch les données de Soliankin (1962). D'après celui-ci, le volume des eaux entrées dans la mer d'Azov représente $32,6 \text{ km}^3$.

Sorties des eaux par le Bosphore. Makarov (1885) et Müller (1928), qui sont les premiers auteurs à avoir évalué la quantité des eaux passant de la mer Noire à la mer de Marmara, estiment le volume de ces eaux à 331 km^3 et 396 km^3 par an respectivement.

Les données d'autres auteurs sont comprises entre les chiffres suivants : Leonov (1960), 392 km^3 ; Bogdanova (1958), $350-360 \text{ km}^3$; Soliankin (1963), 340 km^3 .

Après nos calculs, en se fondant sur la valeur de l'excédent d'eau douce de la mer Noire et le maintien de l'actuel équilibre de la salinité, il résulte que le volume des eaux sortantes de la mer Noire est d'environ 260 km³.

La valeur du bilan hydrologique

Les données exposées et analysées nous permettent d'établir le suivant bilan hydrologique de la mer Noire :

Les valeurs des composants positifs du bilan

Apport fluvial = 336 km ³	53,16 %
Précipitations = 120 km ³	18,99 %
Entrées par Kertch = 53 km ³	8,39 %
Entrées par le Bosphore = 123 km ³	19,46 %

Total = 632 km ³	100,00 %
-----------------------------	----------

Les valeurs des composants négatifs du bilan

Evaporation = 340 km ³	53,80 %
Sorties par Kertch = 32 km ³	5,06 %
Sorties par le Bosphore = 260 km ³	41,16 %

Total = 632 km ³	100,00 %
-----------------------------	----------

Nous considérons que nos évaluations concernant le volume des eaux qui pénètrent et sortent de la mer Noire - qui sont bien différentes des données rencontrées dans la littérature spécialisée - sont entièrement fondées.

L'estimation de l'excédent d'eau douce à 137 km³ annuellement semble être assez exacte. Les valeurs de l'apport fluvial et de l'apport d'eau douce par Kertch (336 km³ et respectivement 21 km³) ne peuvent présenter que de très petites erreurs, et en ce cas, il est plus probable que les chiffres exacts seraient plus faibles. Il est possible que la valeur des précipitations soit plus grande de 120 km³ annuellement, mais il est aussi possible que l'évaporation dépasse 340 km³.

En ce qui concerne les valeurs de la salinité des eaux entrées et sorties par le Bosphore, il faut aussi montrer que les chiffres utilisés dans le calcul ne peuvent conduire à une évaluation plus petite que la réalité. Pektaş (1954) estime la salinité des eaux sortant de la mer Noire à 17,50 ‰ et Soliankin (1963) à 18,00 ‰. D'autre part, la salinité des eaux de la mer de Marmara - dans la couche correspondante à la profondeur à laquelle les eaux pénètrent en Bosphore - dépassent 38 ‰.

Il faut montrer enfin que dans le cas où, dans la mer Noire, aurait lieu un processus d'adoucissement ou d'augmentation de la salinité - processus qui n'a pas été mis en évidence jusqu'à présent - la quantité des eaux qui pénètrent de Marmara serait plus petite ou plus grande que 123 km^3 , volume qui résulte de notre calcul. Evidemment, si on admet une telle situation le volume des eaux sorties de la mer Noire changerait également.

Conclusions

En utilisant les plus nouvelles et certes données concernant les valeurs des composants du bilan hydrologique de la mer Noire et en calculant le volume des eaux entrantes et sortantes par la Bosphore en se fondant sur la valeur de l'excédent d'eau douce et le maintien de l'actuel équilibre de la salinité de la mer Noire; on obtient la valeur du bilan à 632 km^3 comme il suit :

Les valeurs des composants positifs du bilan		Les valeurs des composants négatifs du bilan	
Apport fluvial	336 km^3	Evaporation	340 km^3
Entrées par Kertch	53 km^3	Sorties par Kertch	32 km^3
Entrées par le Bosphore	123 km^3	Sorties par le Bosphore	260 km^3
Précipitations	120 km^3		
<hr/>		<hr/>	
Total	632 km^3	Total	632 km^3

La valeur du bilan que nous l'avons obtenue est plus basse que celles rencontrées dans la littérature spécialisée étant donné le fait que les volumes des eaux entrantes et sortantes par le Bosphore (123 km^3 et 260 km^3 par an) sont plus petits que les évaluations rencontrées dans la littérature spécialisée.

Bibliographie

1. BERENBEIM, D. I. A. - 1960. Kolebaniia vodnosti Chernogo i Azovskogo morei i recinoi stok. Tr. Azovo-Cernomorsk n.-i. in-ta morsk. rîbn. h-va i okeanogr., vîp. 18
2. BERENBEIM, D. I. A. - 1961. Recinoi stok i solenosti severozapadnoi čiasti Chernogo moria. Tr. Azovo-Cernomorsk n.-i. in-ta morsk. rîbn. h-va i okeanogr., vîp. 19

3. BOGDANOVA, A.K. - 1959. Vodoobmen cerez Bosfor i ego roli v peremeřivanii vod Cernogo moria. Tr.Sevastop.biol.st.AN SSSR, 12
4. BOGDANOVA, A.K. - 1964. Roli sgono-nagonnoi țirkuliații v vodoobmene cerez Bosfor. Tr.Sevastopol. XV
5. BOGDANOVA, A.K. - 1965. Roli iujnogo i severnogo porogov v vodoobmene cerez Bosfor. Okeanologhiia, V.5
6. BRUEVICI, S.V. - 1960. O vodnom i solenom balanse Cernogo moria in-ta ojeanol. AN SSSR, 7
7. DIACONU, C. et I.A.NIKIFOROV sub red.1963. Zona de vărsare a Dunării. Monografia hidrologică. București
8. KOCIKOV, V.N. - 1961. Isparenie s poverhnosti moria. Tr.Azovo-Cernomorsk. n.-i. in-ta morsk. řibn.h-va i okeanogr. vřp.19
9. LEONOV, A.K. - 1960. Reghionalnaiia okeanografiia, ci.1. Ghidrometeoizdat, L.
10. MARKOV, S.O. - 1885. Ob obmene vod Cernogo i Sredizemnogo morei. Izbr.rabotř. Gheografhiz. 1950
11. MULLER, L. - 1928. Alfred Merz hydrologische Untersuchungen in Bosporus und Dardanellen. Veröff.Inst.für Meereskunde
12. NEUMAN, J. et N. ROSEMAN - 1954. The Black Sea : energy balance and evaporation. Trans.Amer.Geophys.Union. 35, No.5
13. PEKTAS, H. - 1954. Bogaziçinde Satih-Alti Akintilar ve Su Karisimlari. Hidrobioloji, Mekmuasi, Seri A, II.1
14. PRUSENKOV, A.S. - 1962. Isparenie s poverhnosti Cernogo moria. Okeanologhiia, II, vřp.1
15. ROJDESTVENSKY, A.V. - 1971. La déversement dans la mer Noire des eaux de la mer Marmara - le courant inférieur du Bosphore. Ch.Oceanogr. XXIII, 3
16. SPINDLER, J.B. et F.F.VRANGHEL - 1899. Materialř po ghidrobghii Cernogo i Azovskogo morei, sobrannře v ekspedițiah 1890-1891 gg. Zap.po ghidrografii. Priloj K. vřp.20 CPb
17. SOLIANKIN, E.V. - 1963. O vodnom balans Cernogo moria. Okeanologhiia, T.III, vřp.6
18. SERPOIANU, GH. et V. CHIRILA - 1964. Influența apelor Dunării asupra regimului salin de pe întinsul platoului continental românesc al Mării Negre. Bul.Inst.Cerc. ři Proiectări Pisc.An. XXIII, nr.4
19. SERPOIANU, GH et V. CHIRILA - 1960. Observații asupra condițiilor hidrologice din zona Bosforică a Mării Negre, în primăvara anului 1959. Hidrobiologia 3

20. SERPOIANU, GH. - 1967. Observations sur la pénétration des eaux Méditerranéenne dans le basin de la mer Noire. Hidrobiologia
8
21. ULLYOTT, P. et O. ILGAZ - 1946. The hydrography of the Bosphorus. Geogr.Rev., 36, 1
-