

POTENTIALITES HYDROGEOLOGIQUES DU SYNCLINAL DE KOURIMAT (BASSIN D'ESSAOUIRA, MAROC)

M. Bahir *, M. Jalal *, A. Mennani * et N. Laftouhi

ABSTRACT

The synclinal basin of Kourimat, situated in the oriental part of Essaouira basin, shelters an aquiferous carbonate. This aquiferous represents the unique resource in water for the region.

The study undertaken on this aquiferous has allowed us to characterize it viewpoint hydrodynamically, hydrogeologically and hydrogeochemically. The piezometric map of the system shows a sense of water flow underground of the southeast to the northwest. The hydraulic gradient varies from the upstream to the downstream. The evolution of the piezometry at one time watch of annual and seasonal fluctuations in connection with variations of precipitations.

The results of chemical analyses have allowed to distinguish two aquiferous: the first is Cenomanian, the second is Turonian. These aquiferous were differentiated by their chemical facies and the origin of chemical elements.

Key words: *Essaouira, Kourimat, Aquiferous, Cenomanian, Turonian, piezometry, hydrochemistry.*

RESUME

La cuvette synclinale de Kourimat, située dans la partie orientale du bassin d'Essaouira, abrite un aquifère carbonaté constituant l'unique ressource en eau de la région.

L'étude entreprise sur cet aquifère a permis de le caractériser de point de vue hydrodynamique, hydrogéologique et hydrogéochimique. La carte piézométrique du système montre un sens d'écoulement global du sud-est vers le nord-ouest. Le gradient hydraulique varie de l'amont vers l'aval. Les fluctuations piézométriques montrent une bonne corrélation avec les aléas climatiques.

Les résultats de l'étude hydrochimique ont permis de mettre en évidence l'existence de deux nappes: la première dans le Cénomaniens et l'autre dans le Turonien. Ces deux nappes se différencient par leurs faciès chimiques et par l'origine des éléments en solution.

Most clés: *Essaouira, Kourimat, Aquifère, Cénomaniens, Turonien, piézométrie, hydrochimie.*

Introduction

Au Maroc, plus de 70 % des ressources en eau sont contenues dans les aquifères karstiques et fissurés (Aboufirassi *et al.*, 1991) qui fournissent des eaux souvent de bonne qualité. Le bassin synclinal de Kourimat représente un bon exemple, il renferme une importante nappe dans le Cénomano-Turonien offrant d'appréciables quantités d'eau de bonne qualité. Ce bassin est situé à environ 50 km à l'Est de la ville d'Essaouira (fig. 1). Le climat est de type semi-aride avec des précipitations moyennes de 300 mm/an.

La série stratigraphique est dominée par les affleurements du Crétacé moyen et supérieur (fig. 2). Ils sont

constitués de bancs calcaires et dolomitiques intercalés avec des marnes et des grès. Leurs âges sont attribués à l'Albien, Vraconien, Cénomaniens, Turonien et Sénonien (Içame, 1994). De point de vue structural, le synclinal de Kourimat est défini comme étant une zone à plissements modérés (Ambroggi, 1963) résultant de la tectonique hercynienne, atlasique et du diapirisme (Souid, 1983; Medina, 1994 et Amrhar, 1995).

Hydrogéologie

Sur le plan hydrogéologique, l'analyse de la série stratigraphique et des résultats des sondages méca-

* Laboratoire d'Hydrogéologie, Faculté des Sciences Semlalia, BP 2390 Marrakech, Maroc. e-mail: bahir@ucam.ac.ma.

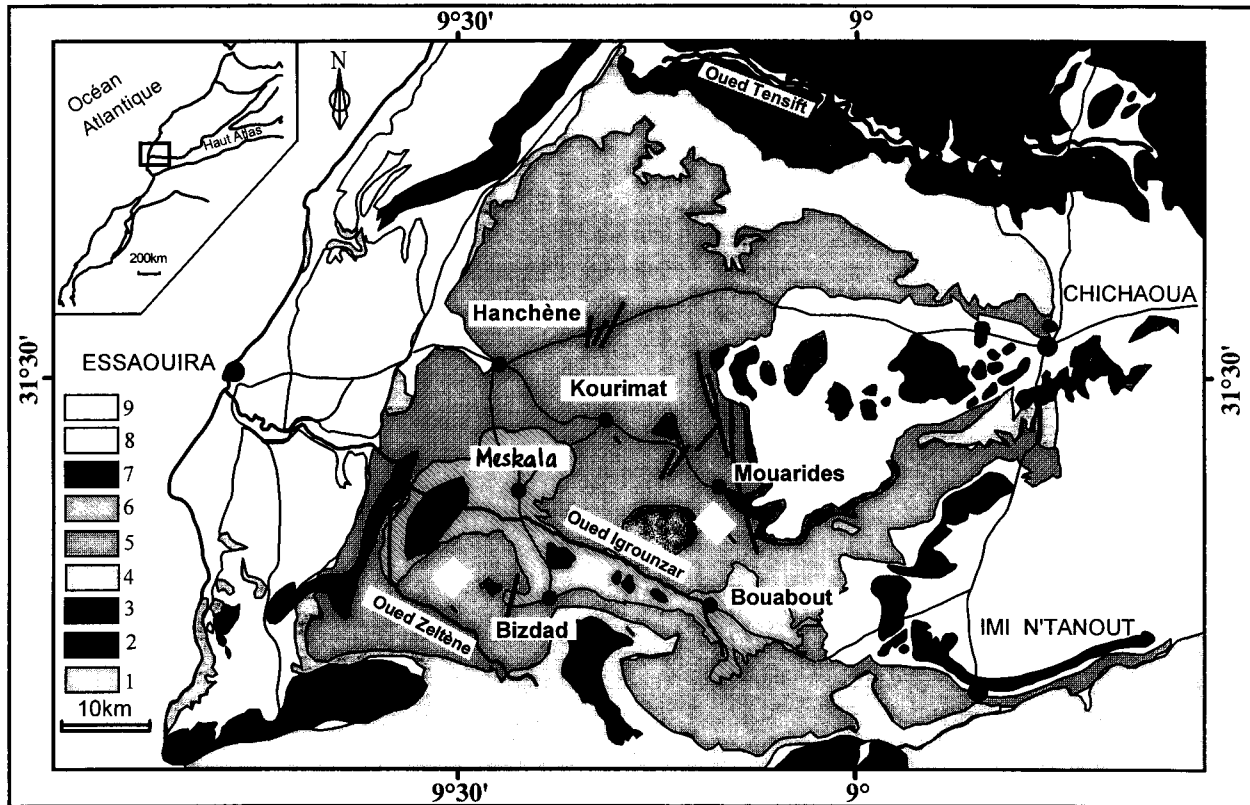


Fig. 1.—Carte géologique du bassin d'Essaouira (d'après la carte géologique du Maroc, 1/500 000, feuille de Marrakech). 1, Paléozoïque; 2, Trias; 3, Jurassique; 4, Crétacé inférieur; 5, Crétacé moyen; 6, Crétacé supérieur; 7, Eocène; 8, Plio-Villafranchien; 9, Quaternaire.

niques réalisés dans la zone, permettent de mettre en évidence un aquifère contenu dans le Cénomano-Turonien, qui alimente les plus grandes sources karstiques de la région (Jalal *et al.*, 2000). Cet aquifère se caractérise par des transmissivités comprises entre $2,2 \times 10^{-4}$ et $2,7 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$, son substratum est formé par les marnes vertes de l'oued Tidzi.

La carte piézométrique établie en janvier 1996 (période des hautes eaux) (fig. 3) montre un sens d'écoulement global du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Le gradient hydraulique est de l'ordre de 2,4 % en amont (zone d'alimentation du réservoir), il diminue au centre dans la zone synclinale de Kourimat où il ne dépasse pas 0,6 %, puis il augmente au nord pour atteindre de nouveau une valeur de 2 %. Ces variations peuvent être liées à la nature lithologique de l'aquifère (abondance de calcaires ou de marnes) et/ou aux variations qualitatives et quantitatives de la fracturation.

Le contrôle piézométrique du réservoir crétacé du synclinal de Kourimat, assuré par un réseau de 10 piézomètres, a mis en évidence des fluctuations pié-

zométriques liées aux aléas climatiques. Ainsi, en saison sèche on constate une baisse généralisée du niveau d'eau, alors qu'en hiver le plan d'eau tend à s'élever.

Hydrochimie

Cette étude est basée sur les analyses physico-chimiques des échantillons prélevés en janvier 1996 (fig. 4). Les résultats analytiques reportés sur le tableau 1 ont permis l'élaboration de diagrammes type Piper, une analyse corrélatrice entre les différents éléments et la détermination de rapports caractéristiques et ce afin de suivre l'évolution du chimisme du système aquifère. Au fait, l'hydrochimie nous a permis de mettre en évidence deux types d'eau, l'une d'origine turonienne et l'autre cénomannienne.

En effet, les eaux souterraines de la région se caractérisent par leur grande variabilité hydrochimique. Les conductivités électriques enregistrées varient entre $350 \mu\text{S}/\text{cm}$ et plus de $3000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

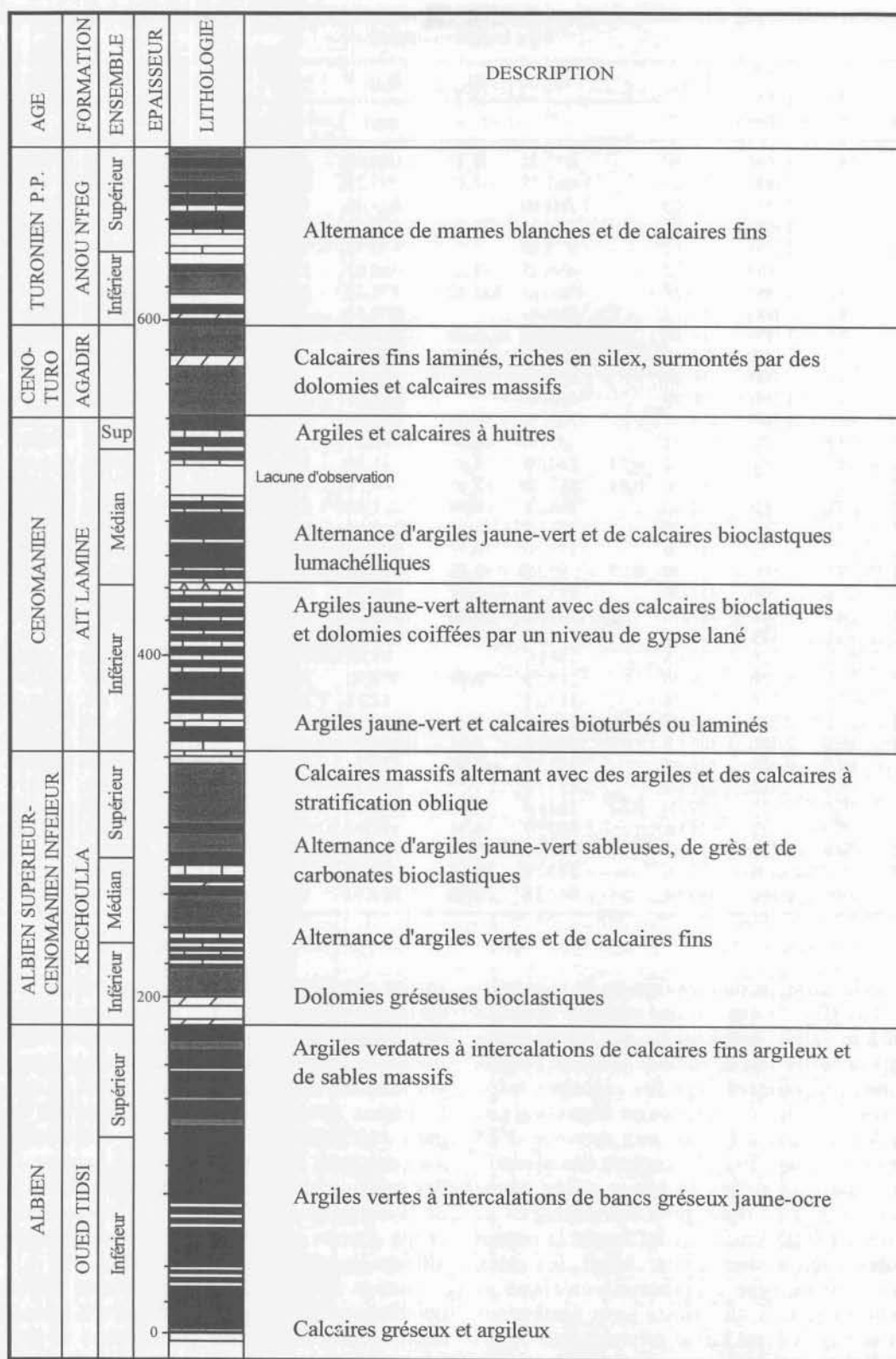


Fig. 2.—Lithologie des formations du Crétacé moyen à Jbel Aganane, au sud de Kourimat (Içame, 1994).

Tableau 1.—Paramètres physico-chimiques des eaux souterraines de Kourimat (c25° C, conductivité électrique à 25° C, B.I.; balance ionique)

Echantillons	T °C	c25°C µS/cm	HCO ₃ ⁻	F ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	B.I. %
			mg/l									
1	19,0	1.980	512,40		607,05	8,73	1.094,68	343,20	214,50	207,00	4,69	-4,63
2=824/52	18,0	2.600	461,16		1.082,75	67,45	785,23	324,80	215,47	437,00	4,69	-2,01
3	17,0	3.060	219,60		1.760,80		633,46	492,80	180,47	529,00	3,12	-2,82
4	19,0	1.800	478,24		749,05	57,84	182,71	229,20	15,07	276,00	5,08	-15,09
5=1045/52	20,0	2.230	422,12		972,50		630,73	267,20	291,44	230,00	5,86	0,36
18=93/52	20,0	1.410	434,32		436,65	82,29	492,67	156,00	133,51	195,50	7,42	-5,79
19=80/52	19,5	1.460	456,28		507,65	325,12	151,24	145,60	96,30	241,50	16,42	-7,00
20	18,0	640	397,72		184,60		139,88	87,20	82,68	69,50	2,95	-0,99
21=75/52	18,0	1.080	414,80		269,80	136,99	310,75	162,40	109,92	115,00	4,69	-1,50
22=794/52	17,5	795	358,68		319,50	70,42	207,27	124,80	78,79	92,00	1,56	-9,38
23	18,0	700	380,64		252,05	48,54	180,03	121,60	69,55	69,00	1,17	-9,05
24	19,0	1.290	390,40		454,40		361,01	172,00	126,46	149,50	4,30	-1,85
25=926/52	20,0	1.040	405,04		305,30	65,03	216,39	141,60	78,79	103,50	1,56	-6,70
26=796/52	19,5	352	251,32		145,55	66,49	11,81	86,40	43,77	34,50	0,50	-0,31
27=792/52	18,0	531	348,92	0,21	244,95	55,89	31,70	114,40	58,36	69,00	4,30	-1,79
28=898/52	16,0	567	414,80	0,31	227,20	52,15	64,21	104,00	82,68	57,50	0,78	-2,62
29=907/52	20,0	765	292,80		266,25	69,04	221,88	124,80	126,46	57,50	1,56	3,43
30=664/52	20,0	780	326,96		273,35	67,10	212,08	122,00	111,14	80,50	2,34	0,96
31=107/52	18,5	752	378,20		177,50	79,73	277,79	146,40	61,44	80,50	2,34	-6,63
42=809/52	18,0	506	305,00	0,23	95,85	49,70	40,68	96,00	28,32	46,00	1,56	-0,87
44=805/52	21,0	990	427,00		273,35	66,61	69,71	124,00	52,80	126,50	2,34	-3,19
45=958/52	20,0	519	329,40		102,95	54,33	56,73	84,00	36,00	34,50	1,17	-8,53
46=806/52	19,0	528	295,24		111,82		67,58	90,40	39,36	34,50	1,56	-0,31
47	21,0	716	375,65		157,97		67,02	97,60	60,00	69,00	1,95	3,71
48=807/52	21,0	1.020	378,20		216,55	25,86	378,56	124,00	90,24	115,00	2,34	-4,63
49	21,0	616	334,28		117,15		88,88	113,20	42,48	57,50	3,12	5,12
50=789/52	20,0	2.200	305,00		266,25		2.318,28	548,00	218,16	126,50	6,64	-8,52
51=105/52	15,0	2.010	300,12	7,11	216,55	0,61	2.270,39	568,00	253,92	92,00	6,64	-4,42
53	19,0	1.070	378,20		216,55	43,46	423,3	164,00	88,80	92,00	3,51	-3,50
54=776/52	18,5	788	341,60		177,50		346,72	140,00	70,08	80,50	3,51	-4,07
55	20,0	970	329,40	0,61	184,60	14,89	381,54	140,80	79,20	80,50	6,25	-4,21
56	16,0	737	431,88		195,25	40,54	112,06	112,00	66,72	92,00	2,34	-1,13
57=610/52	20,0	520	312,32	0,26	117,15	40,84	30,13	84,00	35,52	46,00	1,17	-2,80
58=613/52	19,0	990	375,76		333,70	59,13	75,88	120,00	61,92	161,00	1,56	0,29
59	19,0	1.160	380,64		401,15	70,96	124,73	114,00	81,36	207,00	1,17	0,53

L'examen de la carte de distribution de la minéralisation des eaux (fig. 5) montre une certaine zonalité liée surtout à la nature lithologique des terrains traversés. Dans la partie sud de la zone (près de Mourides), les eaux s'écoulent dans les calcaires turoniens, les conductivités électriques ne dépassent pas les 1200 µS/cm. Plus à l'aval, aux environ d'El Amimet, les deux puits 50 et 51 captent des niveaux de calcaires marneux riches en gypse d'âge céno-manien, les eaux sont donc plus minéralisées et dépassent les 2000 µS/cm. Ceci influence la nature chimique des eaux souterraines. Ainsi, les eaux turoniennes sont de type bicarbonaté-calcique et chloruré-sodique. Les chlorures sont fortement corrélés au sodium ce qui laisse penser à une origine commune de ces deux éléments par dissolution de l'halite. Les eaux du Cénomanien présentent un

faciès chloruré-sodique ou magnésien à franchement sulfaté-calcique. Les teneurs très fortes en sulfates, dépassant 2 mg/l (puits 105/52 et 789/52) sont liées à la dissolution des évaporites contenues dans les assises cénomaniennes (gypse et anhydrite). L'origine évaporitique des sulfates est confirmée par l'excellente corrélation entre ces éléments et les ions calcium. La distribution des natures chimiques des eaux semble être conditionnée par la lithologie de la nappe et du substratum, la profondeur de l'eau et les actions anthropiques, comme il a été montré ailleurs (Appelo et Postma, 1993).

Notons aussi que les bicarbonates présentent les corrélations les moins significatives avec les différents cations du fait que ces derniers ne proviennent pas uniquement des roches carbonatées mais également des évaporites.

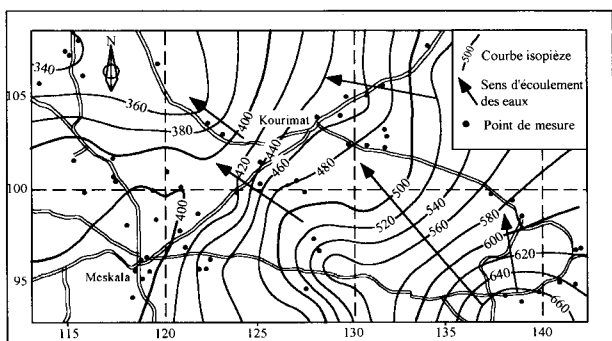


Fig. 3.—Carte piézométrique du Cénomano-Turonien (janvier, 1996).

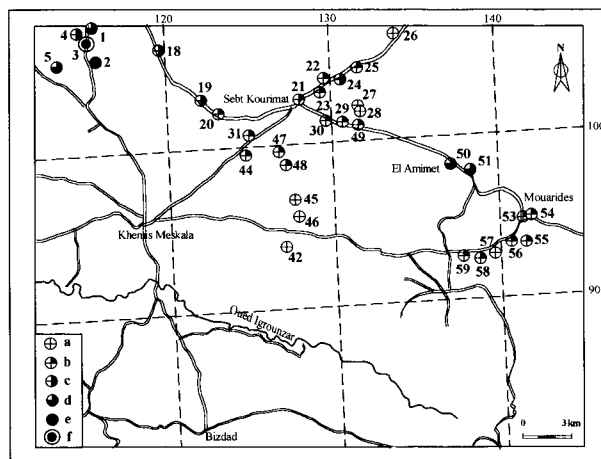


Fig. 4.—Répartition spatiale de la conductivité électrique dans les eaux souterraines de Kourimat (a < 600; 600 < b < 1.200 < c < 1.800; 1.800 < d < 2.400; 2.400 < e < 3.000; f > 3.000 us/cm).

Le puits 105/52 présente la teneur la plus élevée en fluorures (plus de 7 mg/l). Ceci est lié au lessivage des terrains phosphatés du Maestrichtien.

Les eaux souterraines de la région de Kourimat constituent la seule ressource pour l’approvisionnement en eau potable des différentes agglomérations rurales et pour l’irrigation. Selon leurs minéralisations et d’après les normes nationales, elles sont de moyenne à bonne qualité. Par contre en fonction de leur concentration en nitrates, 65 % des puits dépassent la norme OMS de 50 mg/l. La pollution par les nitrates serait surtout d’origine domestique et liée à la mauvaise protection des puits.

En ce qui concerne l’aptitude à l’irrigation, la plupart des eaux souterraines de la région étudiée ne présentent pas de danger sur l’alcalinisation du sol, 66 % de ces eaux doivent être utilisées pour des plantes ayant une certaine tolérance aux sels.

Conclusion

L’étude hydrochimique a permis de mettre en évidence que le système aquifère du synclinal de Kourimat, considéré jusqu’alors comme étant formé d’une seule nappe, est en fait constitué de deux nappes d’importances inégales, le Cénomaniens et le Turonien.

Les eaux du Cénomaniens sont les plus minéralisées, avec des faciès chimiques chloruré-sodique et magnésien à sulfaté-calcique. Celles du Turonien sont moins chargées et ont des faciès plus carbonatés.

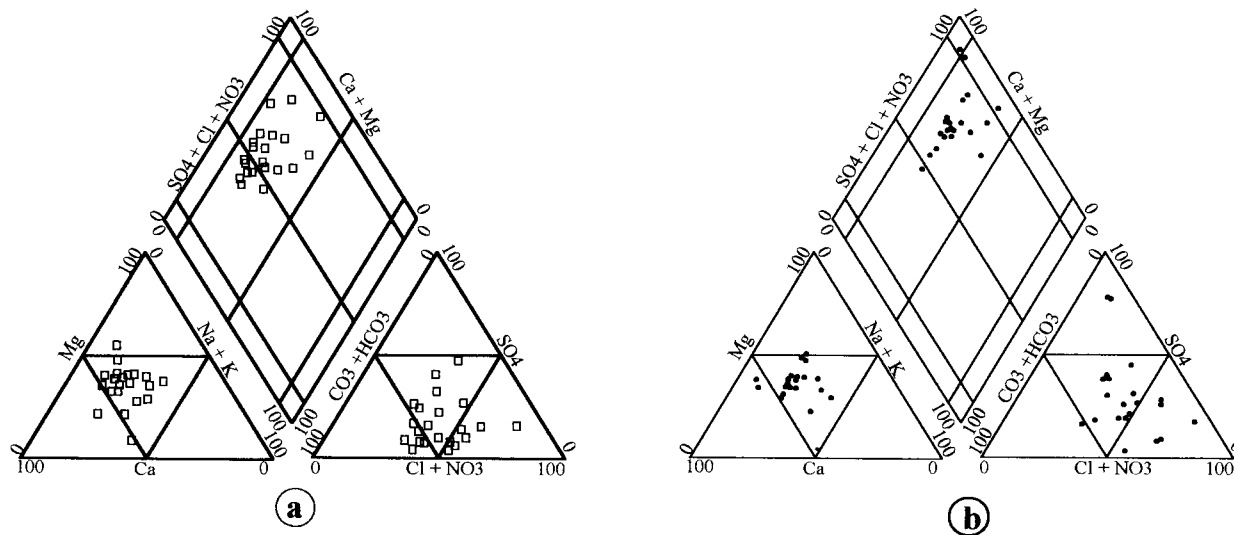


Fig. 5.—Faciès chimiques des eaux (diagramme de Piper). a) Turonien, b) Cénomaniens.

Références

- Aboufirassi, M., El Hebil, A., El Mandour, A., Amrhar, M., Bahir, M., Errouane, S., Fakir, Y., Laftouhi, N., et Quortobi, M. (1991). Hydrologie des milieux fissurés: Milieux carbonaté et milieux de socle. *Eau et développement*, 11: 62-68.
- Ambroggi, R. (1963). Etude géologique du versant méridional du Haut Atlas occidental et de la plaine de Souss. *Notes Mém. Serv. Géol. Maroc*, 157: 321 pp.
- Amrhar, M. (1995). *Tectonique et inversions géodynamiques post-rift dans le Haut Atlas occidental: Structures, instabilités tectoniques et magmatisme liés à l'ouverture de l'Atlantique central et la collision Afrique-Europe*. Thèse d'État, Fac. Sc. Semlalia, UCA, Marrakech.
- Appelo C. A. J., et Postma, D. (1993). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Balkema, Rotherdam, Netherlands.
- Içame, N. (1994). *Sédimentologie, Stratigraphie Séquentielle et diagenèse carbonatée des faciès du Crétacé moyen du bassin d'Essaouira (Haut Atlas, Maroc)*. Thèse de doctorat de l'Univ., Tunis II.
- Jalal, M., Blavoux, B., Bahir, M., Bellion, Y., Laftouhi, N., Puig, J. M., Mennani, A., et Daniel, M. (2000). Etude du fonctionnement du système aquifère karstique cénomano-turonien de l'oued Igrounzar (Bassin d'Essaouira, Maroc). *J. African Earth Sci. (sous presse)*.
- Medina, F. (1994). *Evolution structurale du Haut Atlas occidental et des régions voisines du Trias à l'actuel dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique central et de la collision Afrique-Europe*. Thèse d'Etat, Univ. Mohammed V, Rabat, 260 pp.
- O.M.S. (World Health Organisation) (1984). Guidelines water quality. *Genève (Suisse)*.
- Piper, A. M. (1944). A graphique procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 25, 914-923.
- Scholler, H. (1962). *Les eaux souterraines*. Masson et Cie, Paris, 642 pp.
- Souid, A. K. (1983). *Etude tectonique et micro tectonique des injections du Trias du Bassin d'Essaouira pendant la compression alpine dans l'avant pays atlasique (Maroc)*. Thèse de dème cycle Univ. de Montpellier.

Recibido el 8 de enero de 2001.
Aceptado el 30 de abril de 2001.