

Variabilité hydrologique du lac Azigza (Moyen Atlas marocain): Résultats préliminaires

R. Adallal^{1,2}, L. Vidal¹, A. Rhoujjati², C. Vallet-Coulomb¹, A. Benkaddour², C. Sonzogni¹, F. Sylvestre¹

1 – CEREGE, Aix-Marseille Université, UMR 6635 CNRS-IRD-CDF, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, BP80, 13545 Aix en Provence, France.

2 – Laboratoire Géorressources, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Bd. A. Khattabi, BP 549, 40 000 Marrakech, Maroc.

Objectifs :

- Etudier la sensibilité hydro-climatique en réponse aux variations climatiques et environnementales ;
- Estimer le bilan hydro-isotopique du lac Azigza.

Site d'étude et méthodes

Le site Aguelmam Azigza (32°58'N, 5°26'W, 1470 m asl) est un lac d'origine tectonokarstique, qui se situe à 30 km à l'est de la ville de Khénifra au cœur du Moyen Atlas et appartenant au bassin versant de l'Oum Er Rbia (Fig.1). Il fait partie du domaine structural du Causse Moyen Atlasique formé par des roches carbonatées (calcaires et dolomies) du Lias. Cette région se caractérise par un climat humide et froid de type méditerranéen de montagne (Fig. 2).

Depuis juillet 2012, un collecteur de pluie a été installé sur le site d'Azigza et a permis la récolte d'échantillons mensuels des précipitations. En parallèle, un échantillonnage mensuel du lac a été effectué (lac, sources, puits). Ces échantillons font l'objet d'analyses hydro-chimiques (Marrakech) et isotopiques (CEREGE). Les données météorologiques (P, T, E, H et V) de la région de Khénifra (Station de Tarhat, 873 m asl) ont été obtenues auprès de l'Agence Hydraulique du Bassin de l'Oum Er Rbia (ABHOER).

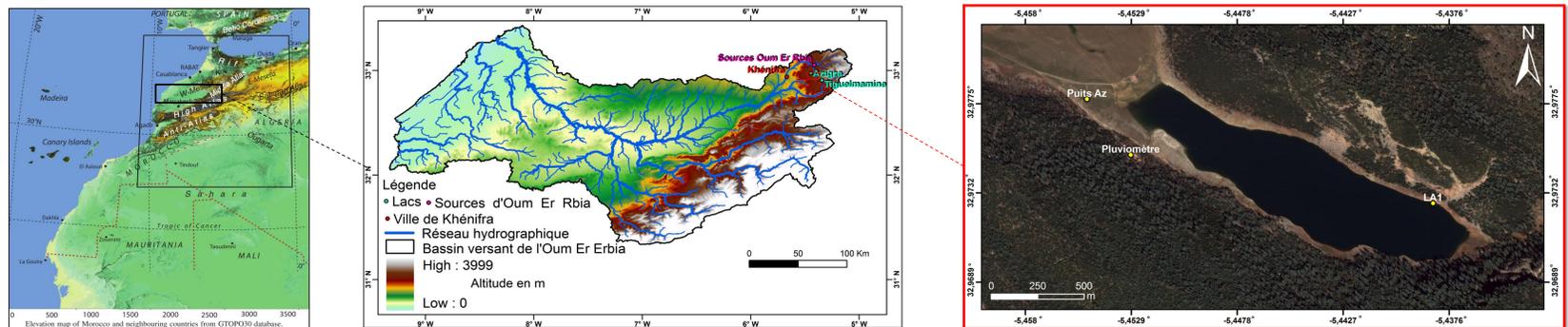


Fig. 1 : Situation géographique des sites d'étude et localisation des points d'échantillonnage.

Résultats et discussions

Le diagramme ombrothermique de Gaussen (Fig. 2) de la station de Tarhat (1985 à 2013) montre que la période sèche s'étale de juin à septembre alors que la période humide s'étend d'octobre à mai. Les précipitations au site Azigza (Fig. 3) présentent de fortes variations d'un mois à l'autre, elles oscillent entre 0 mm (janvier 2013) et 334 mm (octobre 2012) avec une hauteur moyenne de 1421 mm cumulée de octobre 2012 jusqu'à octobre 2013.

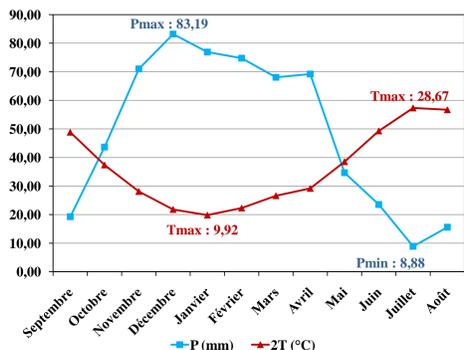


Fig. 2 : Diagramme ombrothermique de la station de Tarhat (1985-2013).

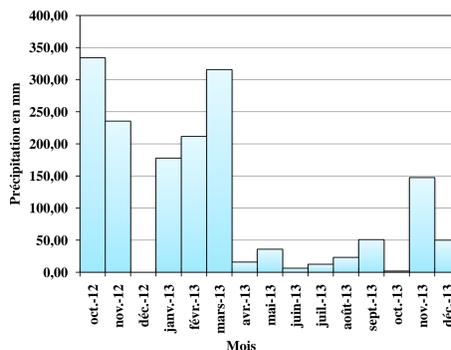


Fig. 3 : Précipitations mensuelles enregistrées à la station d'Azigza depuis octobre 2013.

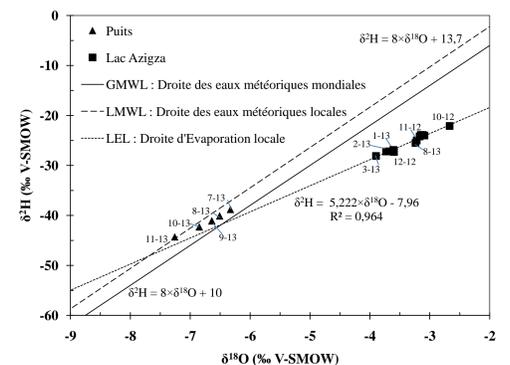


Fig. 4 : Diagramme δ²H vs δ¹⁸O des eaux du site Azigza.

Les eaux du lac se situent en-dessous de la GMWL et sont enrichies en isotopes lourds indiquant leurs caractères évaporés (Fig. 4). Les eaux souterraines (puits) se situent au dessus de GMWL. Ceci est expliqué par l'infiltration rapide des eaux météoriques dans le réseau des roches carbonatées qui empêche leur enrichissement par évaporation. La composition des eaux du site Azigza présente une saisonnalité résultant principalement de l'effet de l'évaporation qui engendre un enrichissement isotopique.

Une première tentative de bilan hydrologique isotopique du lac Azigza a été réalisée en se basant

sur le bilan hydro-isotopique du lac :

$$I = Q + E \quad \text{et} \quad I\delta_I = Q\delta_L + E\delta_E \Rightarrow E/I = (\delta_I - \delta_L) / (\delta_E - \delta_L)$$

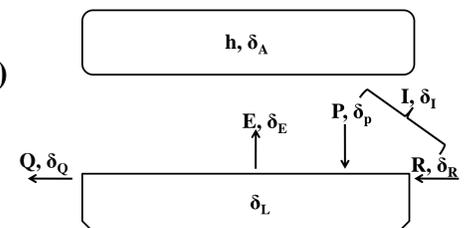
avec : I les flux entrants et leur composition isotopique δ_I , E les flux sortants par évaporation et leur composition isotopique δ_E et Q les flux sortants par écoulement et leur composition δ_L ($\delta_Q = \delta_L$).

Le δ_E est déterminé selon le modèle de Craig et Gordon (1965) :

$$\delta_E = [(\delta_L - \epsilon^*) / \alpha^* - (h \times \delta_A) - \epsilon_k] / [1 - h + \epsilon_k]$$

Les valeurs et les méthodes de calcul de chaque paramètre sont présentées en détails dans le tableau suivant :

Paramètre	Valeurs		Référence
Composition isotopique des eaux lacustres δ_L ($\delta^{18}O, \delta^2H$) ‰	-3,35 +/- 0,35	-25,44 +/- 1,87	δ_L mesuré au labo Spectro (CEREGE)
Composition isotopique de Input δ_I ($\delta^{18}O, \delta^2H$) ‰	-6,72 +/- 0,36	-41,32 +/- 2,11	$\delta_I = \delta_p$ des eaux du puits mesuré au labo Spectro (CEREGE)
Composition isotopique des eaux météoriques locales δ_p ($\delta^{18}O, \delta^2H$) ‰	-6,72 +/- 0,36	-41,32 +/- 2,11	$\delta_p = \delta_p$ des eaux du puits mesuré au labo Spectro (CEREGE)
Composition isotopique de l'humidité atmosphérique δ_A ($\delta^{18}O, \delta^2H$) ‰	-16,91 +/- 0,18	-131,80 +/- 2,18	$\delta_A = \delta_p \cdot \epsilon^*$ (Gibson, 2002)
Température (°C)	15,52 +/- 2		ABHOER (Maroc)
Humidité (%)	58,14 +/- 5		ABHOER (Maroc)
Coefficient d'enrichissement à l'équilibre ϵ^* ($\delta^{18}O, \delta^2H$) ‰	10,19	90,48	$\epsilon^* = \alpha^* - 1$
Coefficient d'enrichissement cinétique ϵ_k ($\delta^{18}O, \delta^2H$) ‰	5,94	5,23	$\epsilon_k^{18}O = 0,0142 \times (1-h)$ et $\epsilon_k^{2H} = 0,0125 \times (1-h)$ (Gonfiantini, 1986)
Composition isotopique de la vapeur évaporée δ_E ($\delta^{18}O, \delta^2H$) ‰	-22,41 +/- 1,00	-83,89 +/- 5,73	$\delta_E = [(\delta_L - \epsilon^*) / \alpha^* - (h \times \delta_A) - \epsilon_k] / [1 - h + \epsilon_k]$ (Craig et Gordon, 1965)



Conclusion et perspectives

Le bilan E/I obtenu par le $\delta^{18}O$ est de l'ordre **0.18 +/- 0.02**. Ce résultat indique que 18 % de l'eau du lac est perdue par évaporation, et d'autre part que le taux de renouvellement des eaux du lac est rapide. Ce résultat préliminaire comporte cependant des incertitudes cumulées sur l'estimation des paramètres δ_A et δ_p . Ces incertitudes pourraient être améliorées avec une connaissance plus précise de l'humidité et la température ainsi que l'analyse isotopique des échantillons des précipitations locales.

Ce bilan montre que le lac Azigza a le potentiel d'enregistrer au mieux les variations hydrologiques actuelles et passés grâce à sa forte sensibilité aux influences climatiques (P et T).

Bibliographie

- Craig, H., Gordon, L.I., 1965. Deuterium and oxygen 18 variations in the ocean and the marine atmosphere. In: Tongiorgi, E. (Ed.), Stable Isotope in Oceanographic Studies and Paleotem-peratures. Laboratorio di Geologia Nucleare, Pisa, Italy, pp.9-130.
- Gibson, J.J., 2002. A new conceptual model for predicting isotopeenrichment of lakes in seasonal climates. PAGES News 10, 10-11.
- Gonfiantini, R., 1986. Environmental isotopes in lake studies. In:Fritz, P., Fontes, J.-C. (Eds.), Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, The Terrestrial Environment, vol. 2.Elsevier, New York, pp. 113-168.