

Possibilités aquifères du socle du Hoggar, Algérie

Aquifer potential of igneous and metamorphic rocks of Hoggar, Algeria

Omar Saighi¹ Annick Filly²

¹ usthb-fstgat, bp 32, El Alia, 16111 Bab Ezzouar, Alger osaighi@hotmail.com

² Université de Paris Sud, bat 504, 91405 Orsay cedex, France

I. INTRODUCTION

Le massif du Hoggar se situe au sein des vastes étendues arides du *Sahara*. Cependant, grâce aux effets de l'altitude élevée, il bénéficie de conditions climatiques relativement douces et humides. Dans l'*Attakor*, partie centrale et élevée du massif (3000 m d'altitude), les précipitations atteignent en moyenne 120 mm par an [1], mais les plaines périphériques sont beaucoup moins arrosées avec 50 mm/an à *Tamanghest* (1376 m d'altitude). On peut se demander si, en dehors des terrasses alluviales des oueds qui fournissent les maigres ressources en eau disponibles, les terrains encaissants éruptifs et métamorphiques sont capables d'absorber et de restituer des débits intéressants.

II. CADRE GEOLOGIQUE, GEOMORPHOLOGIE ET HYDROGRAPHIE

II.1 **Les faciès géologiques.** Les formations géologiques, très variées, sont pour l'essentiel d'âge Précambrien ; elles sont le plus souvent représentées par des gneiss, des micaschistes, des granites intrusifs et des formations volcano-sédimentaires peu ou pas métamorphisées et très finement schistosées [2]. Localement, des formations volcaniques, essentiellement basaltiques, se sont mises en place au Méso-Cénozoïque et au Quaternaire. La caractéristique essentielle de la géologie de cette région, est sa structuration en bandes méridiennes larges d'une centaine de kilomètres, séparées par des accidents tectoniques majeurs, qui se présentent en couloirs de roches broyées.

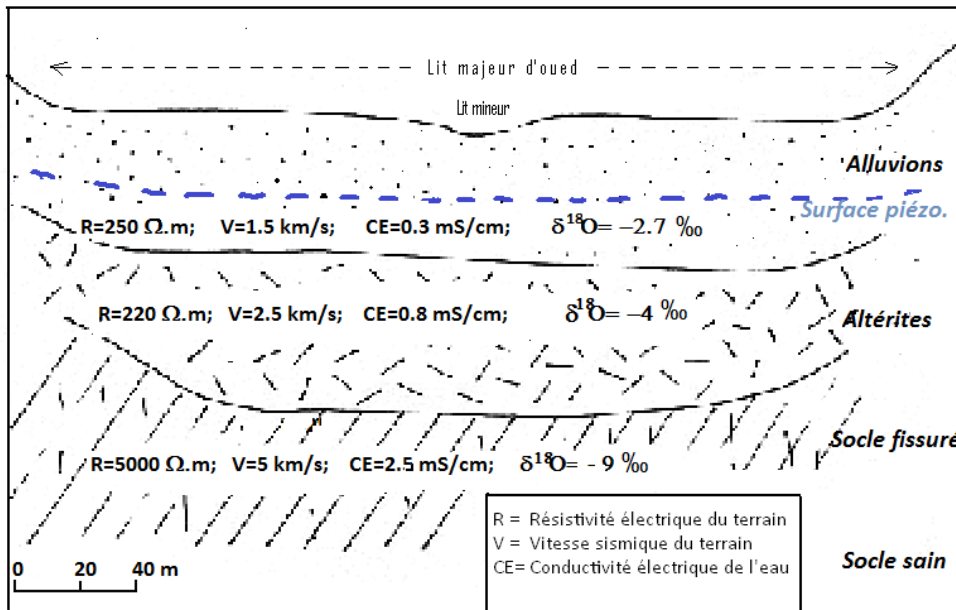
II.2 **L'impact de la Fracturation.** Les accidents tectoniques sont denses et de différentes générations. Ils ont eu un rôle fondamental sur l'organisation du réseau hydrographique et l'hydrogéologie. Ils jouent tantôt un rôle de barrières hydrauliques, quand ils sont silicifiés et indurés, tantôt de drains, quand ils se présentent en gouttières soulignés par les oueds [3].

III.3 **Relation entre le réseau hydrographique et la constitution des nappes d'inféoflux.** La disposition morphologique du massif en zones concentriques, qui coïncident avec des zones climatiques, implique que le ruissellement des précipitations se fait de façon radiale sur tout le pourtour. Les crues d'oueds engendrées par des averses de forte intensité se répandent sur les alluvions des lits majeurs où elles s'infiltrent partiellement, permettant de recharger des petites nappes, filiformes, étroites et peu épaisses, appelées inféoflux. Malheureusement les potentialités hydriques de ces nappes associées aux terrasses alluviales jalonnant les oueds ont une autonomie faible et dépendent étroitement de la fréquence et de l'importance des crues.

III. CARACTERISTIQUES PETROPHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES

III.1 **L'aspect pétrophysique.** Les roches cristallines et cristallophylliennes du Hoggar, pourtant intensément fissurées, se caractérisent par des paramètres pétrophysiques peu favorables. Elles n'acquièrent un caractère modérément aquifère que par suite d'altération (figure 1). Leurs caractéristiques hydrodynamiques (porosité et perméabilité) sont généralement médiocres.

Figure 1- Caractéristiques pétrophysiques, hydrochimiques et isotopiques à travers un oued



III.2 **Le profil géologique type.** Dans les vallées alluviales s'étagent de haut en bas 3 niveaux lithologiques dont les caractéristiques hydrodynamiques sont très inégales:

- une terrasse alluviale d'une dizaine de mètres d'épaisseur ;
- une zone d'altération du substratum encaissant, de 15 à 30 m d'épaisseur;
- un socle fissuré qui passe progressivement vers le bas au socle sain.

On peut se demander si, malgré la faiblesse des précipitations, l'existence d'altérites et la présence dans le socle d'une porosité secondaire de fissures, permettent l'absorption et la restitution des débits intéressants, notamment dans les zones d'entrecroisement des grandes failles, et quelle est, dans ce cas, la part d'eaux récentes ?

IV MATÉRIELS ET MÉTHODES

Pour apporter une réponse hydro chimique à cette question et compléter les connaissances acquises par les prospections géophysiques et par forages, un échantillonnage de points d'eaux a été réalisé sur le versant sud du massif du Hoggar, le plus proche et le plus exposé aux incursions extrêmes du phénomène de la Mousson ouest-africaine. Des analyses chimiques (ions majeurs), isotopiques (oxygène-18 et deutérium) ainsi que quelques mesures de tritium et de carbone-14, ont été effectuées.

V RESULTATS

V. 1 les concentrations hydrochimiques

Les minéralisations des eaux des nappes phréatiques sont le plus souvent modérées. Généralement inférieures à 1g/l, elles ne dépassent cette valeur qu'à l'écart des axes d'oueds. Mais elles augmentent en fonction de la profondeur montrant une stratification des faciès hydrochimiques qui s'individualisent globalement en 3 groupes :

- le premier caractérise les eaux des nappes alluviales (inféroflux), 0.3 à 0.5 g/l.
- le second correspond aux eaux imprégnant les altérites (0.8 à 1.5 g/l) ;
- le troisième intéresse les eaux plus minéralisées de la nappe dite du socle (2 à 5 g/l), qui existe partout mais qui ne fournit que des ressources d'appoint.

Tableau 1-Concentrations hydro chimiques moyennes (mg/l), selon le type d'aquifère.

Ions	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	C.E (µS)	pH
Inféroflux	40	15	15	3	20	30	165	20	300	7.5
Zone altérée	75	22	75	10	20	50	450	10	800	6.5
Nappe du socle	154	125	107	1	400	427	153	3	1400	8.2

V.2. les enseignements des teneurs isotopiques

A l'image des concentrations hydro chimiques les teneurs isotopiques sont également stratifiées. Elles montrent un appauvrissement en isotopes lourds en fonction de la profondeur et, corrélativement, en fonction de la nature pétro physique et lithologique de l'aquifère.

Tableau. 2 – Teneurs en $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, et activités ^{14}C et ^3H , selon le type d'aquifère

Isotope	^{18}O (‰)	^{13}C (‰)	^{14}C (pmc)	^3H (UT)
Inféroflux	≈ -2.7	-11	115	15
Zone altérée	-5	-5 à -2	≈ 75	50 à 120
Nappe du socle	-10	-3	< 3	< 1

A titre d'exemple, les teneurs en oxygène-18 s'échelonnent de haut en bas entre -11 et -1 ‰ avec, néanmoins, une distribution bimodale (figure2).

Le mode de fréquence maximale est centré sur la valeur $\delta^{18}\text{O} = -4$ ‰. Il est en accord avec les teneurs des précipitations actuelles et correspond aux échantillons prélevés dans des puits peu profonds captant les nappes d'inféroflux. A ce groupe s'apparentent les eaux de la couche altérée sous-jacente. Cependant, un appauvrissement isotopique graduel est constaté en fonction de la profondeur, traduisant la diminution de la proportion d'eaux récentes. La position du mode de fréquence maximale, vers les eaux des altérites, souligne une surexploitation et l'épuisement des ressources renouvelables.

L'autre mode représente les valeurs plus appauvrie ($\delta^{18}\text{O} = -9$ ‰), qui caractérisent des échantillons prélevés soit dans des forages de plus de 50 m de profondeur, soit dans des petites sources carbogazeuses qui émergent à la faveur des accidents tectoniques majeurs. Ce type d'eaux est dépourvu de tritium et se caractérise par une activité infime du radiocarbonate qui le différencie des eaux de précipitations actuelles. Il implique un taux de renouvellement insignifiant en dehors des axes d'oueds et dans les niveaux profonds et traduit l'héritage d'une paléo charge qui s'est effectuée à une époque plus humide et plus froide que l'actuelle [5] (Conrad et Fontes, 1970).

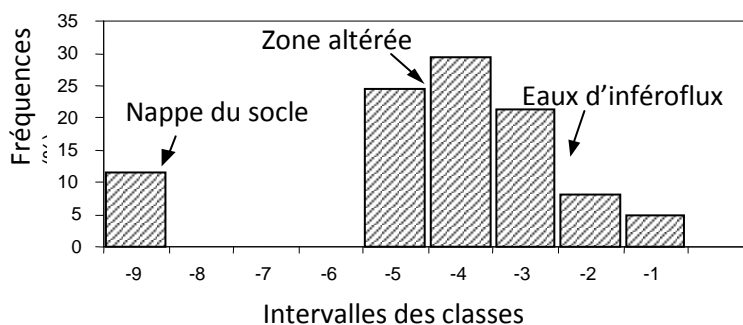


Figure 2- Représentation graphique des $\delta^{18}\text{O}$ ‰ des eaux souterraines du Hoggar

Les résultats isotopiques dénotent aussi d'une altitude élevée de l'aire d'alimentation des nappes d'inféoflux et corrobore l'hypothèse d'une recharge assurée presque exclusivement par les crues d'oueds. Car aux basses altitudes, l'empreinte d'une infiltration directe des faibles pluies locales est peu significative. Ceci implique aussi que seuls les écoulements arrivant en grosses masses sur les alluvions des vallées, sont susceptibles de susciter une infiltration efficace.

VI CONCLUSION

Les faibles ressources en eaux disponibles au Hoggar sont essentiellement fournies par les nappes alluviales tapissant des gouttières topographiques parcourues par les oueds. Ces terrasses alluviales reposent généralement sur une couche d'altération du substratum rocheux, faiblement aquifère, qui passe progressivement vers le bas, au socle fissuré puis au socle sain, très peu poreux et perméable. La stratification des faciès chimiques et isotopiques des eaux souterraines en fonction de la profondeur atteste des mauvaises communications hydrauliques dans le socle. La prépondérance de la proportion de la composante ancienne parmi les eaux exploitées dénote de la précarité des ressources renouvelables qui se limitent aux alluvions d'oueds de la zone centrale du massif du Hoggar où les crues sont assez fréquentes et abondantes.

- [1] Dubief J., 1953- Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. S.E.S., Birmandreis, Alger.
- [2] Lelubre M., 1952- Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental, (Sahara central). Bull. Serv. Géol. Alger, 2° série No 22.
- [3] Burgeap-Sonarem., 1975- Etude de mise en valeur des eaux souterraines dans le Hoggar, mission d'expertise hydrogéologique dans le Hoggar, Alger.
- [4] Saighi O., Mesbah M., 1999- Caractéristiques chimiques et isotopiques des eaux souterraines de l'Ahaggar et leur relation avec le taux de recharge des nappes. Bulletin du service géologique de l'Algérie. Vol. 10, n° 1.
- [5] FONTES J. CH., EDMUNDS W. N., 1989. The use of environmental isotopes techniques in arid zones hydrology. A critical review, Technical documents in Hydrology, UNESCO, Paris, 75 p.