

CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROGEOCHIMIQUE DE LA NAPPE
ALBIENNE DANS LE BASSIN OCCIDENTAL DU DOMAINE SASS REGIONS
(TOUAT – GOURARA – TIDIKELT)

BENHAMIDA S. ⁽¹⁾, **NEZLI I. E.** ⁽¹⁾ & **KECHICHED. R.** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Ouargla 30 000 Algérie.*

slimbenha@gmail.com

Résumé.

La zone de Touat – Gourara – Tidikelt, sur laquelle est axée notre étude chevauche entre deux wilayas du grand Sud Algérien (Adrar et Tamanrasset). Cette zone est caractérisée par son climat hyperaride et ses formations sédimentaires très hétérogènes. Du point de vue hydrochimique, l'interaction eau-roche c'est le facteur responsable de la minéralisation des eaux. Dans le cas de notre zone d'étude, il a été démontré que l'unique ressource en eau avec laquelle s'approvisionnait tout être vivant, nommée souvent Albienne ou CI, n'est guère renouvelable. En suite au développement hydro-agricole suivi par l'accroissement excessif du nombre d'habitants, le nombre de forages, puits et puits de foggaras, n'a cessé de s'arrêter depuis, causant ainsi un déséquilibre du système de cet aquifère. Cette étude rentre dans le but de concevoir le chimisme qui règne entre cette eau et la formation qui l'encaissait, il a été jugé utile de mener une étude hydrogéologique et hydrochimiques suivit d'une approche géochimique des eaux qui caractérisent cette région.

Mots Clés : Climat aride – Continental Intercalaire – Ressource non renouvelable – Hydrochimie.

Introduction.

Dans le but de suivre de près le comportement physico-chimique de la nappe Albienne, l'unique source hydrique de la région, il a été jugé utile de mener une étude hydrogéologique et hydrochimique de la dite région, surtout qu'avec le développement démographique rapide et l'extension urbaine que connaît la zone d'étude ces dernières années où les besoins en eau n'ont pas cessés de s'accroître, on enregistre actuellement plus de 1000 forages implantés le long de l'axe reliant le Tidikelt au Sud-Est en passant par le Tout à Adrar et jusqu'au Gourara au Nord-Ouest, sans compter les centaines de puits des Foggaras, dont la plupart sont actuellement en services.

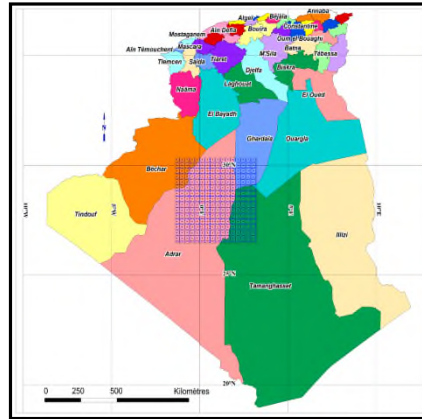
Cette prolifération sans cesse associée au climat aride et sec qui règne à travers cette zone et suite à la recharge très insignifiante de la nappe dont la quelle on puisait l'eau, toutes ces caractéristiques ont engendrées des effets néfastes sur l'état qualitatif et quantitatif notamment au niveau des ressources en eau et en sol de cette région.

Et pour traiter cette problématique, et en se basant sur les 450 échantillons d'eau analysés au niveau du laboratoire de l'ANRH d'Adrar, plusieurs approches seront prises en compte telle que la géologie, l'hydrogéologie et surtout la Géochimie, et ce dans le but de déterminer l'origine du chimisme des eaux Albiennes dans cette partie du domaine SASS. Cependant l'objectif de la présente étude est de combiner entre la géologie de la région et les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux prélevées.

Présentation de la zone d'étude.

Située en plein cœur du Sahara algérien, la région d'étude est située au sud-ouest du pays à plus de 1200 km d'Alger. Géographiquement, notre zone d'étude est située respectivement entre les méridiens : 3°14'E et 1° 22' W, et les parallèles: 26° 28' et 30° 19' Nord. Sa superficie totale est de l'ordre de 193983 Km². La zone d'étude découpée

Zone d'étude



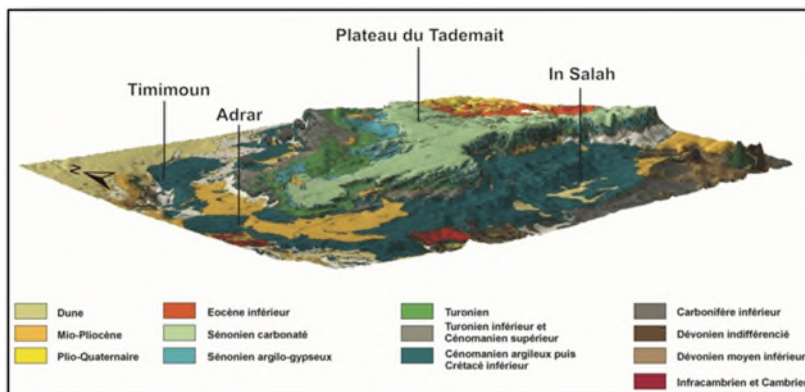
en 03 régions bien distinctes, chevauche respectivement entre deux wilayas, Adrar et celle de Tamanrasset.

Ces trois régions constituées sous forme d'un ruban d'oasis qui peuvent être citées du Nord au Sud comme suit :

- Le Gourara qui correspond à Timimoune et ses environs (W – d'Adrar)
- Le Touat (région d'Adrar et les pourtours).
- Le Tidikelt qui correspond à In Salah et ses environs (W –Tamanrasset).

Géologie et hydrogéologie de la zone d'étude.

Géologiquement, comme l'indique la carte ci-dessous (fig. n° 01), la région d'étude fait partie de la zone qui se situe sur le rebord Sud occidental du vaste bassin secondaire qui s'étend d'une part de l'Atlas Saharien au Nord à Hamada du Tinhert au Sud, et du Touat – Gourara à l'Ouest jusqu'au golf de Gabes à l'Est, d'autre part.



Du

point de vue

hydrogéologie, le système aquifère qui caractérise la zone d'étude est représenté par une seule nappe (de type libre) nommée souvent Albienne ou C.I (le Continental Intercalaire), cette dernière contenue dans les formations d'âge crétacé inférieur, est composée principalement de sables, de grès verts parfois argileux et de graviers, la profondeur des forages qui captent cette nappe oscille entre 100 et 200m en moyenne, le niveau statique de cette nappe varie du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest, il varie par rapport au niveau du sol entre 0,8m et plus de 50m, avec des débits d'exploitation de 5 à 50 l/s.

Du point de vue ressource en eau et comme le montre de tableau ci-contre, on remarque que l'accroissement considérable du nombre de forages qui s'est produit au cours de la

période qui s'étale de 1980 à 2000 a engendré un effet négatif sur l'artésianisme de la

Années	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2012
Vol. soutirés (l/s) Touat – Gourara & Tidikelt	123	229	346	476	556	1058	5983	7404	7268	13854

nappe notamment au niveau du Tidikelt où il a disparu complètement.

Les cartes élaborées (isobathes et isopaches) ont démontrées que la profondeur de la nappe du C.I plonge du Nord vers le Sud, et même son épaisseur elle devient de plus en plus importante du côté du Tidikelt.

Matériel et méthodes.

La base de données dérivée de la Direction Régionale Ouest de l'ANRH d'Adrar, avec laquelle le présent travail a été élaboré est répartie comme suit :

- 458 points d'eau ayant servis pour l'inventaire (effectué entre 2011 et 2012).
- 451 échantillons d'eau ont été analysés (au niveau du labo de l'ANRH d'Adrar).
- 103 points ayant fait l'objet de mesures piézométriques.
- 28 Coupes de sondages ont été saisies pour l'établissement de coupes lithologiques et stratigraphiques.
- 44 forages avec lesquels nous avons élaboré la carte d'égalité d'épaisseurs de la nappe.
- 19 forages ayant fait l'objet d'essais de pompages, pour l'établissement de la carte d'Iso-transmissivité.
- 86 échantillons des 451 nous en servis pour le calcul des Indices de Saturations.

Programmes et logiciels utilisés.

La synthèse et l'élaboration de l'ensemble des diagrammes et cartes qui nous en servis, pour l'interprétation en détail de nos résultats, plusieurs outils ont été utilisés notamment :

- Pour les différentes cartes (piézométriques et hydro chimiques) : Trois logiciels ont été utilisés : le Surfer V12, le Map Info V8.5 et le Global Mapper V15. Quant aux images satellitaires c'est Google Sat Downloader V7.
- Pour vérifier la validation des données hydro chimiques (vérification de la balance ionique), on a fait appel au logiciel AquQa.
- Le logiciel Diagramme a été utilisé dans le but d'élaborer : les différents diagrammes, c'est avec ce logiciel qu'on a pu ressortir les différents faciès

chimiques qui caractérisent la zone d'étude et d'établir les diagrammes de Stabler, Piper et Korjinski.

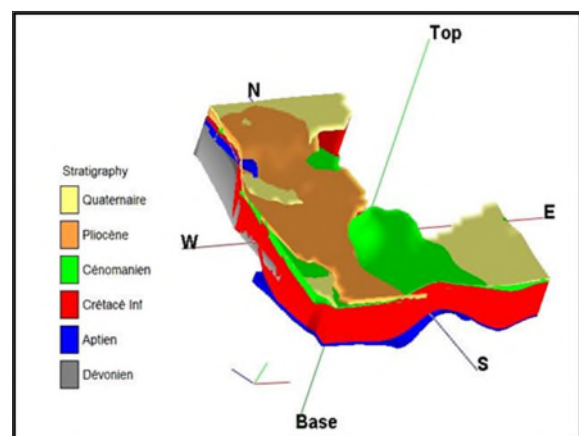
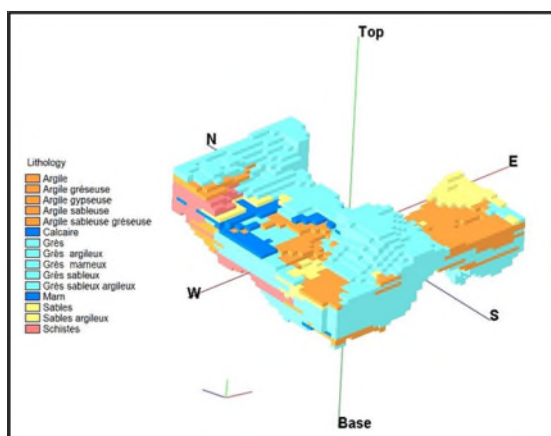
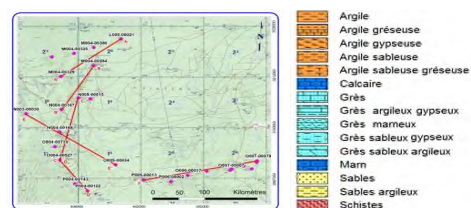
- PhreqCe, ce logiciel important nous a permis de calculer les indices de saturations de l'ensemble des éléments chimiques. Aussi il nous a été très utile pour la modélisation en géochimie.
- Aquitest V2.4, avec lequel nous avons déterminé les valeurs de Transmissivité qui nous ont permis d'élaborer la carte d'Iso-Transmissivité.
- La même chose avec le logiciel Statistica, on a pu élaborer les différents diagrammes utilisés dans l'interprétation des résultats.
- Le logiciel RockWork V14 est un programme qui a beaucoup utilisé pour l'élaboration des coupes lithologiques (et même le modèle en 3D de notre aquifère), où ces dernières nous en étaient très utiles pour la confrontation avec la partie géochimie.

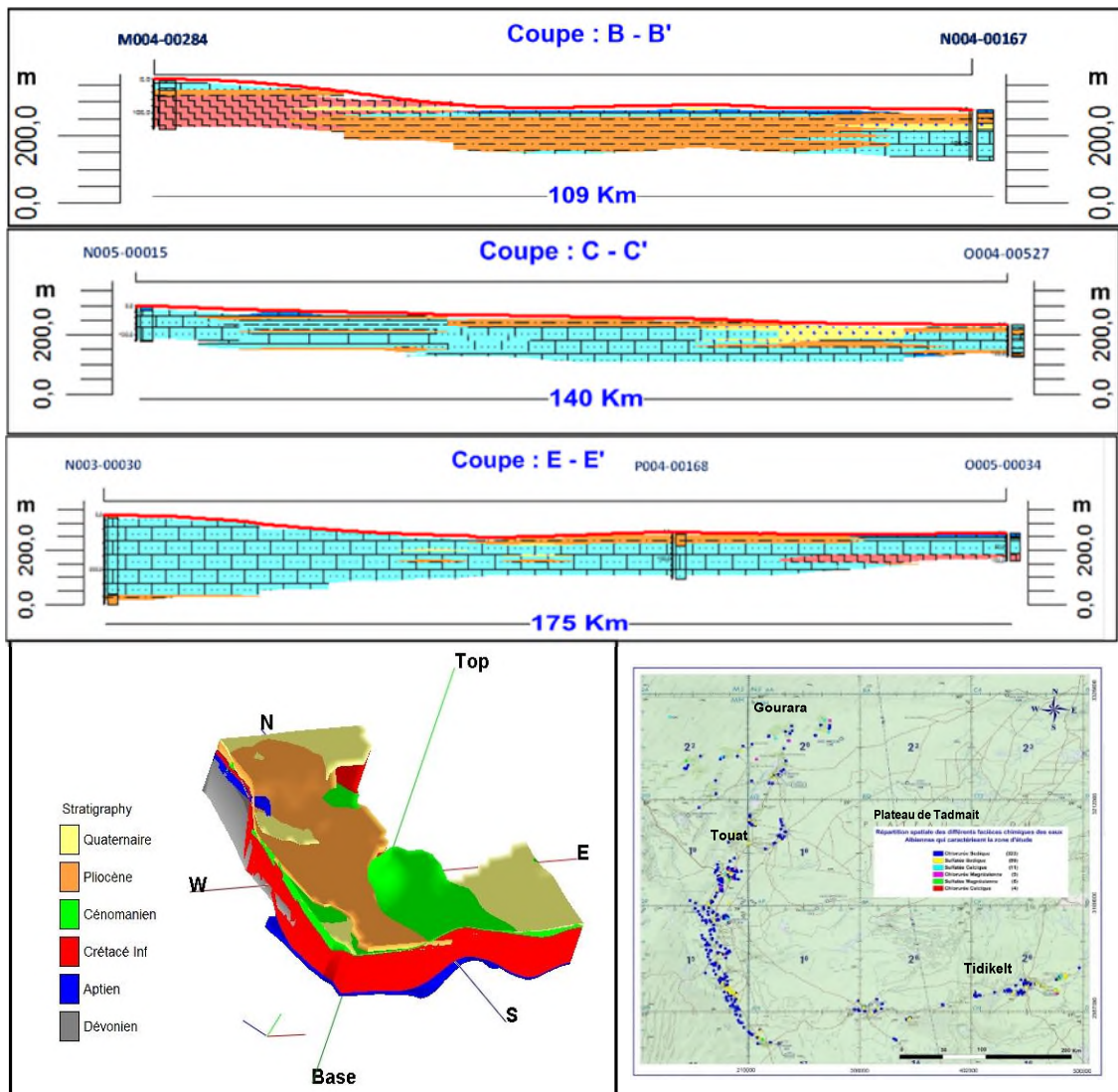
Résultats et discussions.

Dans le but de mieux déceler l'origine du chimisme de l'eau qui règne au sein de la formation aquifère (Albienne) dans cette partie du SASS, nous avons jugé utile d'introduire certains outils qui peuvent peut être répondre à certaines questions. A l'aide du logiciel RockWork V.14, et ce après avoir introduit les informations lithologiques et stratigraphiques de 28 forages implantés le long de la zone d'étude, dont l'objectif était :

- D'établir un modèle lithologique et stratigraphique en 3 dimensions illustrant tout d'abord l'extension spatiale de la nappe Albienne (CI) et d'un autre côté comment s'effectue la superposition des différentes formations le long de la zone d'étude.
- D'élaborer des coupes lithologiques orientées dans plusieurs sens et qui seront par la suite confrontées aux résultats des analyses hydro chimiques. Pour cela 07 coupes ont été dressées, la figure ci-dessous illustre l'orientation du tracé de ces coupes.

L'approche géologique :

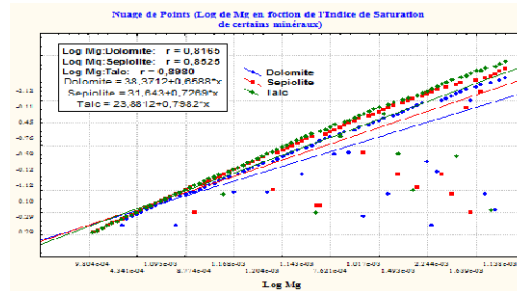
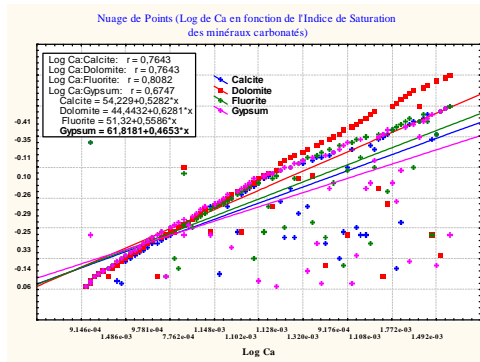




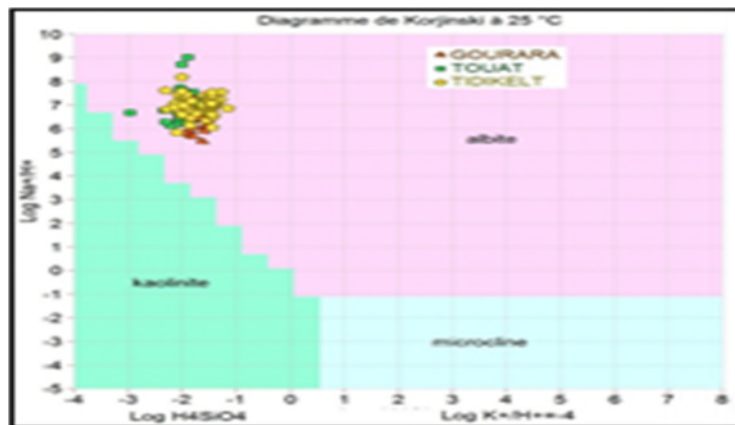
- L'approche Hydro chimique.

Les résultats d'analyses traités à l'aide d'AqQua puis comparés avec ceux déduits à partir du diagramme de Stabler, puis enfin reportés sur la carte ci-après montrent la dominance de 02 classes de faciès hydro chimiques (Chloruré Sodique et Sulfaté Sodique). Cette approche nous a permis d'apercevoir l'origine de certains éléments chimiques notamment :

- Origine du Ca^{2+} : D'après le graphique ci-dessus, on remarque que le Calcium montre une bonne corrélation avec le Gypse, cela indique que son origine est probablement évaporitique. Et pour confirmer cette théorie, il a été jugé utile d'établir le graphique suivant.



Origine du Mg^{2+} : D'après le graphique ci-dessus, on remarque que le Magnésium est en bonne corrélation avec les 03 minéraux, sauf qu'elle plus meilleurs avec la Talc. Ce qui indique que son origine est plutôt argileuse. Mais aussi dolomitique, vue l'existence en abondance des formations marneuse (le Cénomaniens qui couvre une grande partie du bassin occidental).



- Il est à noter également enregistré l'existence du Silicium qui peut indiquer la présence d'une hydrolyse des silicates. Et pour confirmer cette théorie, nous avons utilisés le diagramme de Korjinski, qui tient compte de l'élément SiO_2 et ce dans le but de déterminer l'existence d'une éventuelle altération des silicates, surtout que nous avons enregistré des valeurs élevée du Sodium dissout dans l'eau. Il résulte que suite à l'existence de schistes et de quartzites au niveau de certains forages au Nord de la zone d'étude (en particulier au Sud de Timimoune) et sous l'effet de leur transfert vers le Sud (sens d'écoulement des eaux de la nappe qui est Nord-Sud) ces eaux effectuent une hydrolyse entre l'eau et la formation qui l'encaisse.

Conclusion générale.

Le traitement et la synthèse des données qu'on disposait nous ont permis de tirer les résultats suivants :

- Le faciès chimique dominant qui caractérise les eaux de la zone d'étude est parfois de type chloruré sodique et parfois sulfaté sodique.
- Les cartes thématiques illustrant la répartition spéciale des différents éléments chimiques, montrent que les fortes concentrations en ces éléments se localisent principalement au niveau de Touat mais surtout dans la région du Tidikelt où les teneurs sont excessivement élevées.

- La salinité des eaux s'accroît progressivement avec le sens d'écoulement de la nappe, d'où diverses sources peuvent être l'origine (la profondeur, présence d'évaporites dans la matrice gréseuse, minéralisation qui suit surtout les chlorures et les sulfates (gypse et albite).
-
- Le calcul des Indices de Saturations des minéraux prépondérants ainsi que les logs d'activités des éléments majeurs faisant partie de la structure de la matrice de cet aquifère, nous a permis de déceler les origines de ces éléments et surtout de définir la matrice la plus dominante. Les différents graphiques et diagrammes élaborés confirment que la minéralisation des eaux est régie essentiellement par l'influence de la matrice évaporitique et l'importance de la matrice carbonatée et argileuse. Pour cela plusieurs processus qui interviennent dans le chimisme de l'eau de nappe ont été décelés :
 - o Influence de la matrice évaporitique qui génère les concentrations en Cl⁻ et SO₄²⁻.
 - o Les indices d'échanges de bases positifs qui représentent les 94% des échantillons analysés ce qui génèrent des concentrations élevées en Na⁺ au détriment du Ca²⁺ et Mg²⁺.
 - o L'altération des silicates révèle l'importance de terrains primaires (schistes du Dévonien inférieur) qui constituent la roche mère des silicates (argiles).
 - o D'où l'altération des silicates confirme que la zone a été soumise à des phases alternées de régressions et transgressions (marines et continentales).
 - o Processus : dissolution – précipitation, la présente étude a mis en évidence la différence entre l'évolution géochimique des eaux du C.I entre le bassin occidental et celui oriental, cette différence réside probablement à plusieurs facteurs notamment la profondeur, le type d'aquifère, la composition du point de vue lithologie de cet aquifère, la température, le pH...etc.

Références.

- **ANRH - Direction Régionale Sud-Ouest Adrar DRSO. (2008)**, Projet de réalisation d'un piézomètre de 600 ML au niveau du champ de captage d'In Salah.
- **ANRH - Direction Régionale Sud-Ouest Adrar DRSO. (2011)**, Interprétation des données des essais de pompages des forages implantés de long de la zone Touat - Gourara - Tidikelt.
- **ANRH - Direction Régionale Sud-Est Ouargla DRSE. (2002)**, Inventaire des points des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la zone d'In Salah (W de Tamanrasset). 43p.
- **A.G.P Martin, (1908)** : Les oasis sahariennes (Gourara-Touat-Tidikelt), Ed. SNED - Imprimerie Algérienne, 406p. Alger.
- **Aboubaker M, (2012)** : Caractérisation d'un système aquifère volcanique par approche couplée hydrogéochimique et modélisation numérique. Exemple de

- l'aquifère des basaltes de Dalha, sud-ouest de la République de Djibouti. Thèse. Institut de chimie des milieux et matériaux de Poitiers. France. 239p.
- **Conrad G. (1975)** : Les isotopes dans les eaux du Sahara nord-occidental (Algérie), Rapport IAEA, 74p.
 - **Conrad G. (1969)** : L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien. Centre de recherche sur les zones arides. Série géologie n°10, CNRS, Paris, 527p.
 - **Castany G. (1982)** : Principes et méthodes de l'hydrogéologie, Dunod université Bordas Paris. France, 237 p.
 - **CDARS, (1999)** : Étude du Plan Directeur Général de Développement des Régions Sahariennes, Ressources en eau : Connaissances d'ensemble, Ouargla, 154p.
 - **Dunald Langmuir. (1997)** : Aqueous Environmental Geochemistry, Imprimerie des Etats Unies d'Amérique, Université de Colorado. 618p.
 - **Fabre J. (2005)** : Géologie du Sahara occidental et central, musée royal de l'Afrique centrale - Belgique, 610p.
 - **Fabre J. (1976)** : Introduction à la géologie du Sahara algérien. SNED, Alger, Algérie, 422p.