

APPORT DES SYSTÈMES D'INFORMATION À L'ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTOGRAPHIE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE (MONTS DES KSOUR, ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL, ALGÉRIE).

H. MANSOUR*, A. ISSAÂDI, M. STAMBOUL*** et I. ZEROUIAL***

RÉSUMÉ

Dans ce travail nous proposons une modélisation conceptuelle de données hydrogéologiques afin de produire une Base de Données Géospatiales. L'intégration de ces données pour une cartographie dite « Cartographie des monts des Ksour » est réalisée à l'aide du SIG Map Info.

La démarche que nous adoptons part de la collecte et de l'organisation des données hydrogéologiques disponibles du système aquifère des monts des Ksour, traduites en terme de propriétés hydrodynamiques (isopièzes), hydrochimiques (isoteneurs) et de conditions aux limites (conditions de lithologie et de structure) en vue de l'édification de schéma d'écoulement souterrain. La première approche a été de reconstituer la géométrie des synclinaux des monts des Ksour par l'établissement de coupes géologiques et cartes structurales. Le Modèle Conceptuel de Données (MCD) élaboré a concerné d'abord la carte hydrogéologique de Aïn Séfra, étendu ensuite à l'ensemble des six coupures (Aïn Séfra, Moghrar, Djenien Bou rezk, Mékalis, Djebel Arar) pour finalement ne constituer qu'un seul document cartographique de synthèse que nous nommerons : carte hydrogéologique des monts des Ksour.

Mots clés : Modélisation - Cartographie - Système aquifère - Base de Données Géospatiales.

* Département des Sciences de la Terre, Université d'Oran, Es Sénia. e-mail : l_mansou_l@yahoo.fr.

** Département des Sciences de la Terre, Université d'Alger USTHB.

*** Institut de Génie Civil. Laboratoires des Ressources hydriques, Université de Laghouat, Algérie.
- Manuscrit déposé le 22 Avril 2006, accepté après révision le 18 Juin 2007.

INFORMATION SYSTEMS CONTRIBUTION TO THE ESTABLISHMENT OF A REGIONAL HYDROGEOLOGICAL CARTOGRAPHY (MOUNTS OF KSOUR, WESTERN SAHARIAN ATLAS, ALGERIA).

ABSTRACT

In this work we propose a conceptual modelling of hydrogeological data in order to produce a Geospatial Data base. The integration of these data for a cartography known as «Cartography of the Mounts of Ksour» is carried out using the SIG Mapinfo.

The step that we adopt is based on the collection and the organization of the hydrogeological data available of the aquiferous system of the Mounts of Ksour, translated in term of hydrodynamic properties (isopiezes), hydrochemical (isoteneurs) and of boundary conditions (conditions of lithology and structure) for the construction of diagram of underground flow. The first approach was to reconstitute the geometry of synclinal mounts of Ksour by the establishment of geological cross section and structural charts. The elaborate Conceptual Model of Data (MCD) initially related to the hydrogeological chart of Ain Séfra, then extended to the whole of the six cuts (Aïn Séfra, Moghrar, Djenien Bou Rezk, Mékalis, Djebel Arar) to finally constituting one cartographic document of synthesis which we will call: hydrogeological chart of the Mounts of Ksour.

Key words: Modelling - Cartography - aquiferous System - Geospatial Data Base .

1 - INTRODUCTION

La carte hydrogéologique de la partie centrale des monts des Ksour, regroupant la coupure à 1/100.000^e de Aïn Séfra a été élaborée sur la base d'une combinaison d'unités spatiales (découpage) représentées par la topographie, la structure des couches, les affleurements, les écoulements des eaux tant souterraines que superficielles et l'hydrochimie.

La généralisation du Modèle Conceptuel de Données (MCD) à toutes les coupures géologiques des monts des Ksour a permis de réaliser une carte hydrogéologique d'échelle régionale. Ce document cartographique de synthèse permettra d'apporter une réponse réelle à la gestion des grands espaces, notamment en matière de projection des champs de captage destinés à l'alimentation des besoins en eau et de protection des ressources aquifères contre la pollution sous ses différentes formes.

2 - CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

2 - 1. Les monts des Ksour dans leur contexte régional (fig. 1)

L'Atlas saharien s'étend depuis le moyen et le haut Atlas marocain à l'ouest jusqu'à la bordure occidentale des Aurès à l'est. Cette suite de chaînes forme une barrière naturelle géographique et climatique, séparée de la plate forme saharienne par une série d'accidents en coulisses, de plis failles et de failles (Benest, 1985).

2 - 2. Cadre géologique et structural

Les affleurements essentiellement jurassiques forment des structures anticlinales longues et étroites, séparées par de larges synclinaux où les unités gréseuses du Crétacé inférieur constituent les grands systèmes hydrogéologiques. Les alignements morpho-tectoniques sont l'expression en surface d'accidents profonds de la chaîne et tradui-

(*Continental Intercalaire*) (Kradchi et al., 2001). En fait, on ne peut pas parler d'aquifères du Jurassique sans faire allusion à ceux des grès du Crétacé inférieur ; l'un réalimentant l'autre par l'intermédiaire de cassures profondes. À Béni Ounif, la coupe levée au droit de la flexure sud atlasique (fig. 2) montre le renversement de la série gréseuse du Crétacé inférieur sous les calcaires et dolomies du Jurassique moyen (Mansour et al., 1998). Cette structure est remarquable le long des djebels Mélias, Tarhla et Si Youssef (Salhi, 2002).

- Les synclinaux de la partie centrale des Monts des Ksour

Les formations à matrice gréseuse dominent et sont souvent entrecoupées de bancs argileux, diminuant localement la perméabilité. C'est dans

les grès aquifères du Barrémo-Albo-Aptien que les ressources en eaux sont les plus importantes. C'est le cas de la région de Aïn Séfra où s'étendent 02 gouttières synclinales dans lesquelles on retrouve 03 horizons gréseux aquifères différents (Rahmani, 1993). C'est du niveau moyen qu'émergent les grosses sources qui constituent les exutoires naturels (sources de Tiout et de Breïdj). La coupe hydrogéologique schématique établie sur la base des données de forage et de la prospection électrique (C.G.G, 1974; Sidi Yacoub, 2002) montre l'existence de ces 03 horizons aquifères interstratifiés (fig. 3) :

* Grès compacts à porosité d'interstices et de fissures d'âge Jurassique supérieur, affleurant particulièrement sur les piémonts du djebel Mekhter (coupe B-B'). Ils sont reconnus par la géophysique à partir de 500 mètres au centre des cuvettes synclinales.

Sud

Nord

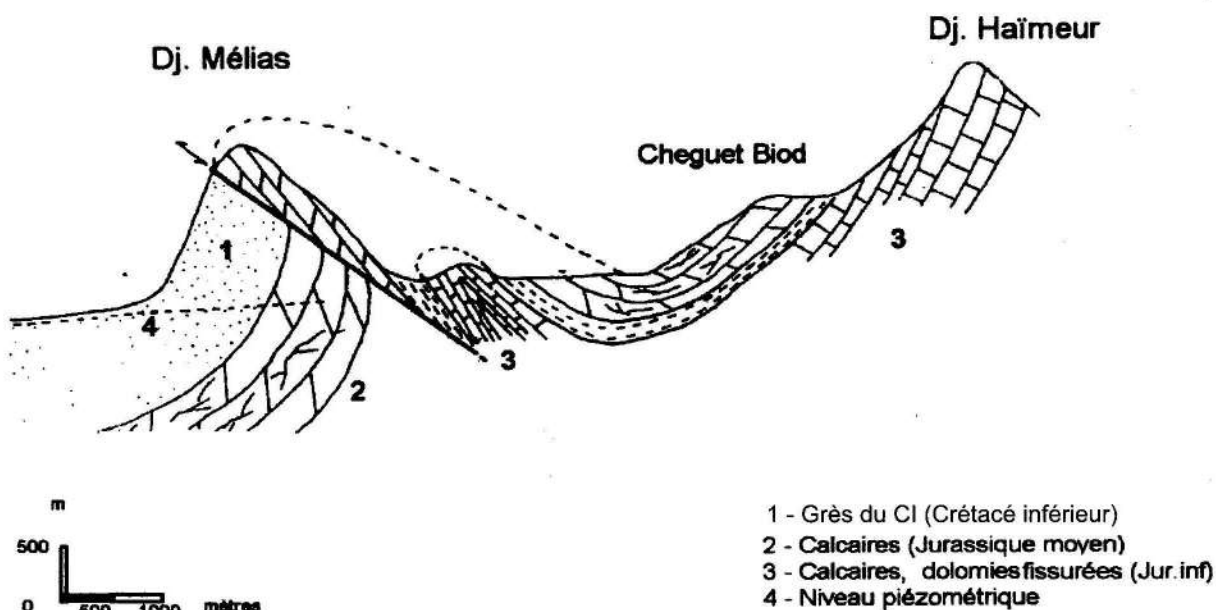


Fig. 2 - Coupe hydrogéologique schématique au droit de la flexure Sud atlasique (8 km au NW de Béni Ounif)

Hydrogeological cross section in front of the atlasic Southern flexure

APPORT DES SYSTÈMES D'INFORMATION À L'ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTOGRAPHIE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE
(MONTS DES KSOUR, ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL, ALGÉRIE)

* Grès massifs à double perméabilité (Barrémo-Albo-Aptien), associés le plus souvent à des intercalations argileuses, conférant à l'ensemble une semi captivité de la nappe (coupes A-A' et C-C'). L'alimentation par drainance à partir

des grès de l'infra - Crétacé joue un rôle important.

* Formations quaternaires formées d'alluvions, de terrasses et de dunes.

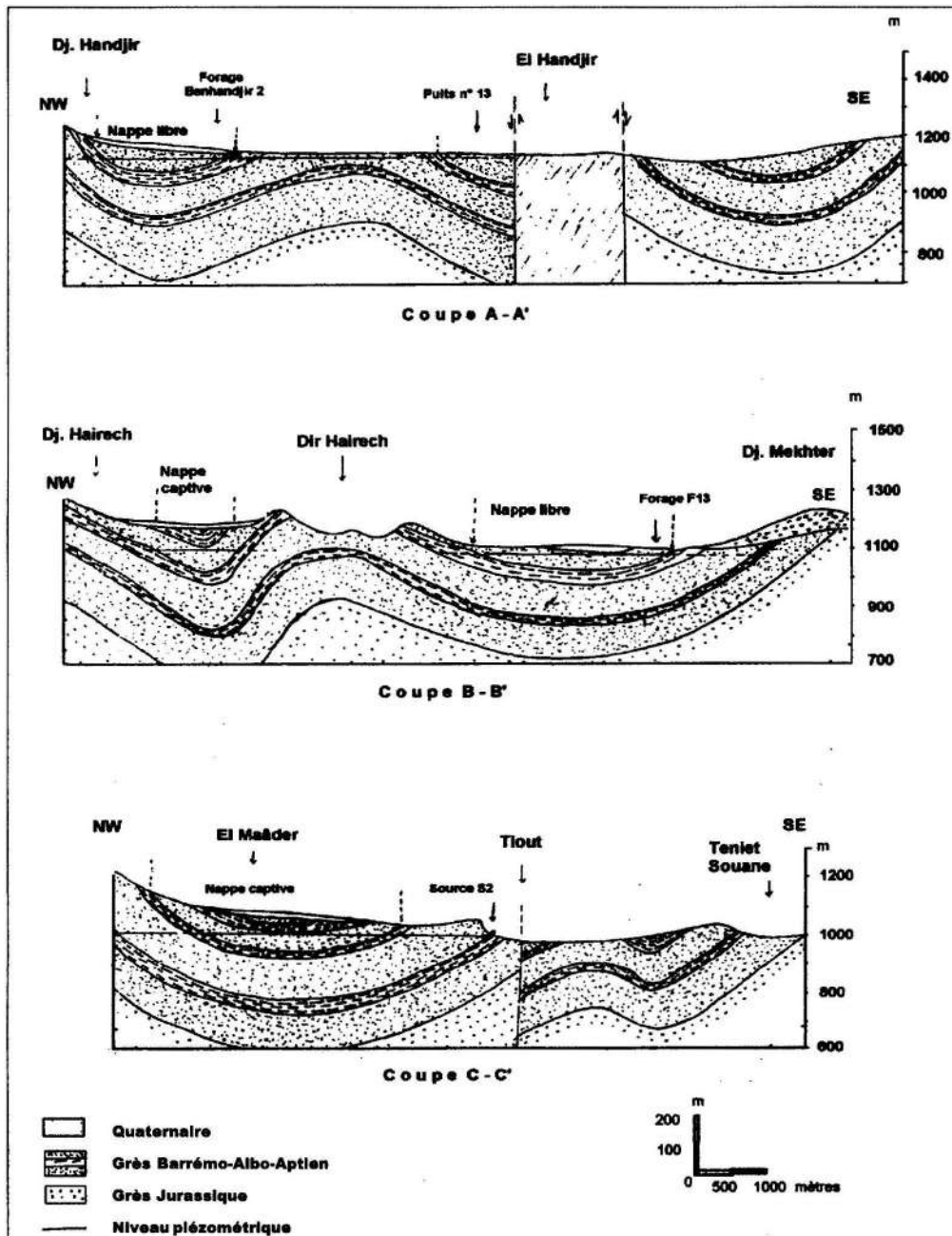


Fig. 3 – Coupes hydrogéologiques schématiques à travers le synclinal de Aïn Séfra
Hydrogeological cross section through the syncline of Aïn Séfra

3 – APPORT DU SIG MAP INFO

3 - 1 – SIG

Un SIG est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données dont la majorité est spatialement référencée (Nathalie, 2000).

- *Fonctionnalités d'un SIG*

Cinq modules : acquisition des données (numérisation), manipulation de données (outils), gestion des données (SGBD pour faciliter le stockage, l'organisation et la gestion), analyse logique mathématique et analyse spatiale, édition (production de cartes).

- *La nécessité d'une méthode de conception spécifique*

Un Système d'Information Géographique (SIG) est souvent utilisé comme un logiciel offrant des capacités de cartographie numérique, de gestion de Base de Données (BDD) et d'analyse spatiale (Gardarin, 1988). L'objectif dans les traitements des SIG est de pouvoir interroger la base de données conçue pour extraire les informations recherchées. Les interrogations se traduisent par des requêtes attributaires ou spatiales. Les requêtes attributaires concernent la description des objets; elles se réalisent grâce à l'algèbre relationnel et des opérations ensemblistes (Nathalie, 2000). Les requêtes concernent la forme géométrique et topologique des objets. La composante spatiale des données hydrogéologiques permet d'établir des analyses spatiales entre les différentes couches géologiques.

3 – 2. Mise en œuvre

- *MapInfo version 6.5*

D'une façon sommaire, les principales fonctions de MapInfo sont : le tracé automatique, l'accès direct aux bases de données, le pochoir de visualisa-

tion, les couches logiques, la digitalisation, le contrôle des couches, les images raster et les symboles.

- *Saisie de données*

Pour géoréférencer notre support cartographique, nous avons choisi la projection Lambert Nord Sahara pour l'ensemble des cartes de notre zone d'étude. Pour assurer la continuité cartographique, nous avons équipé chaque planche de quatre (04) points de calage appelés souvent (tic). La convivialité du logiciel permet un contrôle sur le choix des points de calage avec l'affichage de l'erreur admissible (Benyamina et al., 1999).

- *Manipulation des données*

Les couches numérisées dans Map Info ont été produites à partir de cartes géologiques à l'échelle 1/100.000^e (Galmier, 1974), scannées au format A0.

- *Niveau géométrique*

En se basant sur les éléments du modèle conceptuel de données (MCD), les entités ont été numérisées sur écran de la façon suivante : géologie [Trias (gypses), Jurassique (calcaires), Crétacé (grès)], structure (grandes discontinuités, failles, fracturation, anticlinaux et les synclinaux), hydrogéologie (points d'eaux, courbes isopièzes, lignes de courant, axes de drainages, lignes de partage des eaux souterraines), hydrochimie (analyses chimiques, courbes iso-valeurs), hydrographie ou réseau superficiel (oueds, chott, sebkha), les lieux habités et voies de communications (toponymie, routes).

- *Niveau descriptif*

Les données attributaires sont organisées sous forme de tableaux. Les noms d'attributs sont introduits champ par champ selon leurs types (caractère, entier, flottant, virgule fixe, date logique). Les tables contiennent les données descriptives (piézométrie et hydrochimie).

3 – 3. Analyse spatiale

Les fonctionnalités de sélection SQL (Structured Query Language) font la véritable puissance des SIG, car permettant de formuler les requêtes reflétant les préoccupations des gestionnaires des données par couches univariées ou couches multivariées (Margat *et al.*, 1995). L'analyse univariée (fig. 4) concerne les traitements sur une couche avec les opérations de type statistique. L'analyse multivariée est la combinaison de deux ou plusieurs couches synthèse (cartes thématiques).

Un exemple de structuration est représenté. Le résultat du croisement de plusieurs strates d'informations comprenant des données géologiques et hydrogéologiques, reliées à l'aide de modèles permet le croisement de ces différentes couches d'information. La couche résultante illustrant une carte de synthèse est stockée dans la base de données hydrogéologique (fig. 5).

3 – 4. Carte de synthèse thématique (fig. 6)

L'établissement d'une base de données consiste à ressortir des requêtes. L'interrogation des bases

de données se fait grâce à l'algèbre relationnelle ou par l'intermédiaire d'un langage de requêtes qui s'appuie sur cette dernière (Kebir, 1999). A titre d'illustration, nous présentons les différentes requêtes, établies sous forme de tables (fig. 6) dont le but principal est d'aboutir à une nouvelle information qui n'est autre que la carte de synthèse hydrogéologique de Aïn Séfra, basée sur les couches suivantes : table carte géologique (fond et contour géologique : fig. 6a), table morphologie structurale (failles, fracturation, anticlinaux et synclinaux : fig. 6b), table carte piézométrique (isopièzes, axes de drainage, lignes de courant, lignes de partage des eaux souterraines, puits et forages : fig. 6c) table hydrographique (oueds, chotts et sebkha : fig. 6d), table

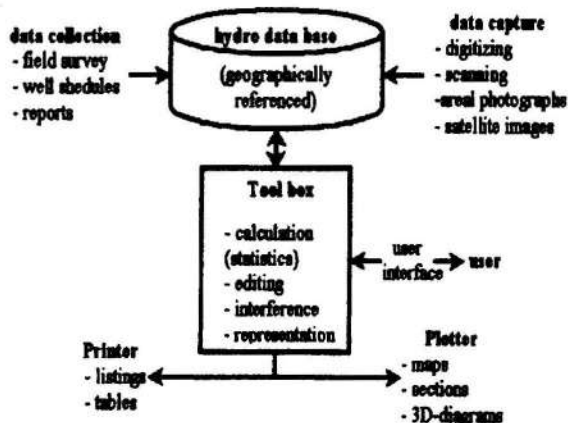
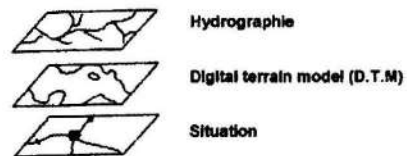


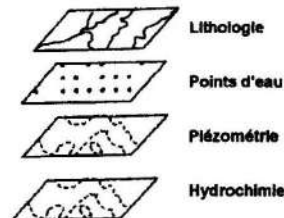
Fig. 4 – Format d'un système d'information hydrogéologique (Margat et Struckmeyer, 1995)

*Format of Hydro-Geo-Information System
(Margat et Struckmeyer, 1995)*

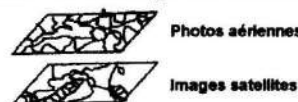
Données géomorphologiques



Données hydrogéologiques



Données structurales (photos aériennes, images satellites)



Méthode/ MCD/ carte de synthèse

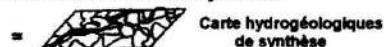


Fig. 5 – Structuration en couches avec croisement d'informations illustrant la carte de synthèse

*Structuring in layers with crossing of information
illustrating the map of synthesis*



Fig. 6a - Carte géologique de Aïn Séfra (Galmier, 1974 modifiée)

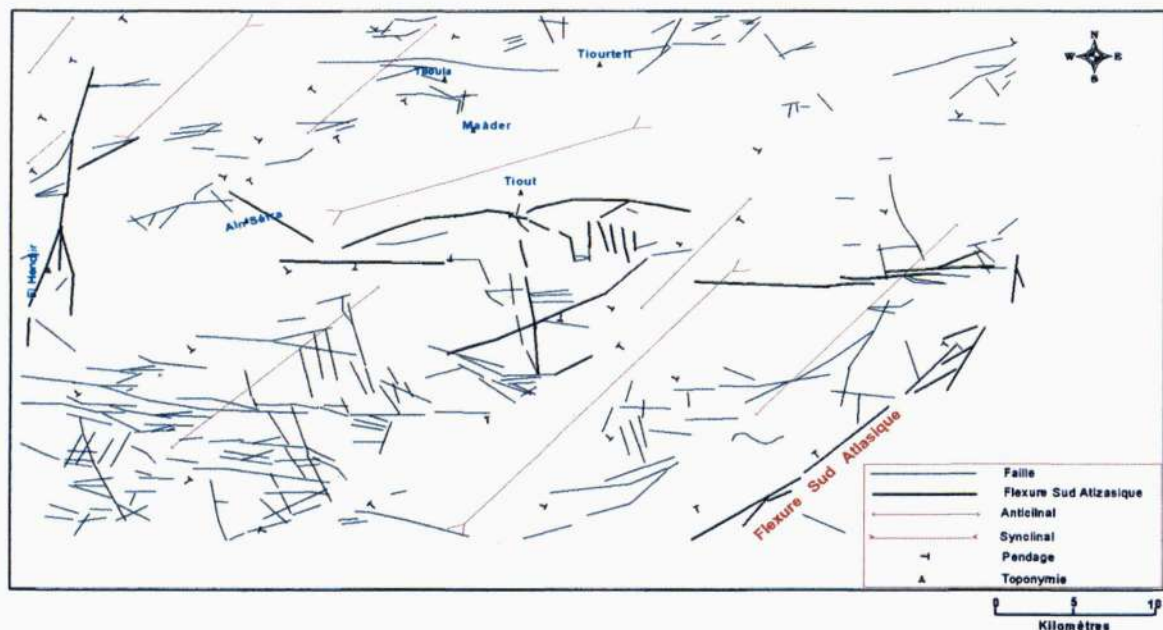
Geological map of Aïn Séfra

Fig. 6b - Carte structurale de Aïn Séfra (Galmier, 1974 modifiée)

Structural map of Aïn Séfra

APPORT DES SYSTÈMES D'INFORMATION À L'ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTOGRAPHIE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE
(MONTS DES Ksour, ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL, ALGÉRIE)

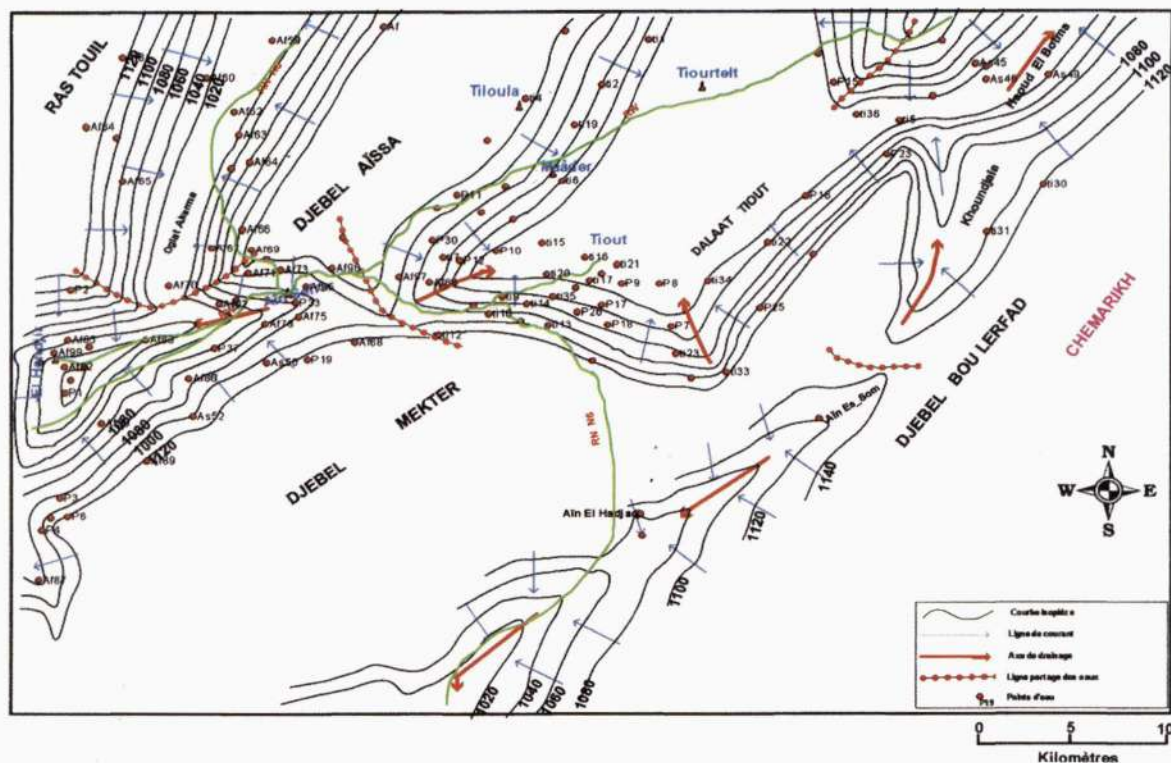


Fig. 6c - Carte piézométrique de Aïn Séfra (février, 2003; Mansour, 2007)

Piezometric map of Aïn Sefra

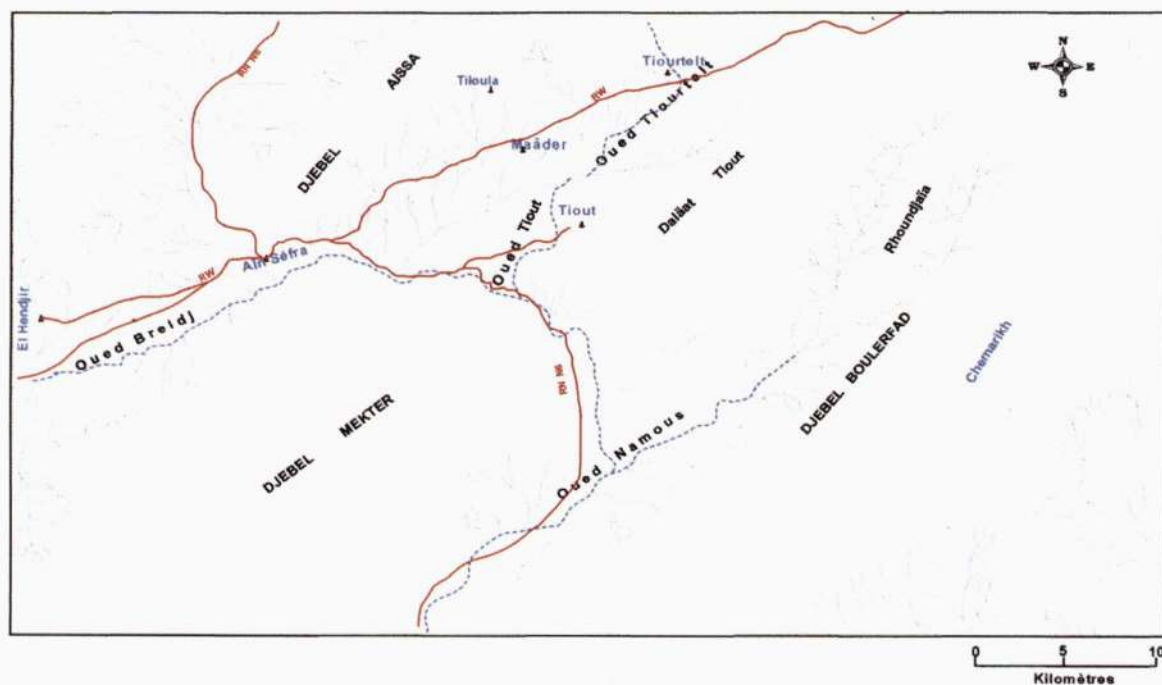


Fig. 6d - Carte hydrographique de Aïn Séfra

Hydrographic map of Aïn Sefra

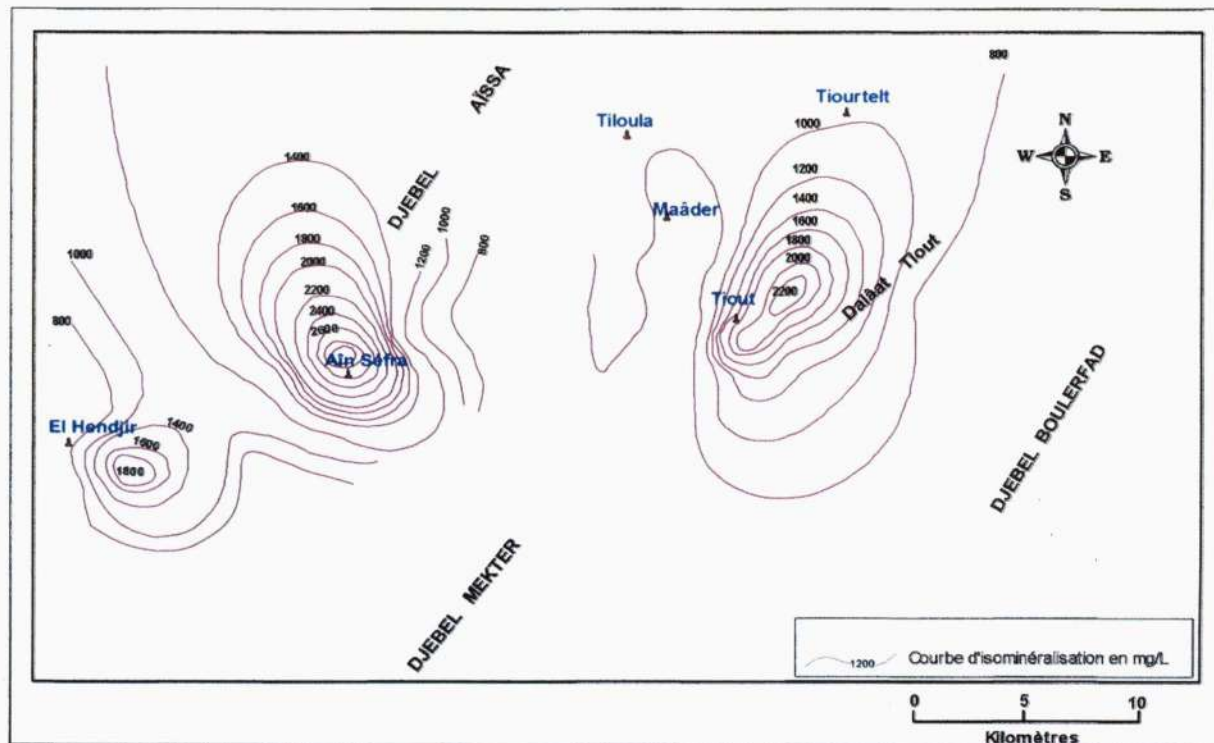


Fig. 6e - Carte hydrochimique de Aïn Séfra (février, 2003; Mansour 2007)

Hydrochemical map of Aïn Sefra

carte hydrochimique (courbes d'isominéralisation : fig.6 e).

3 - 5. Application : prototype du modèle global

Le Modèle Conceptuel de Données hydrogéologiques (MCD) nous a permis de dégager un prototype global qui tient compte de plusieurs couches d'informations géologiques (fig. 7). Le Modèle hydrogéologique élaboré a concerné d'abord la carte de Aïn Séfra (planche I), étendu ensuite à l'ensemble des six coupures (Aïn Séfra, Moghrar, Djenien Bourezk, Mékalis, Djebel Arar) pour finalement n'en constituer qu'un seul document cartographique de synthèse que nous nommerons : carte hydrogéologique des monts des Ksour (planche II).

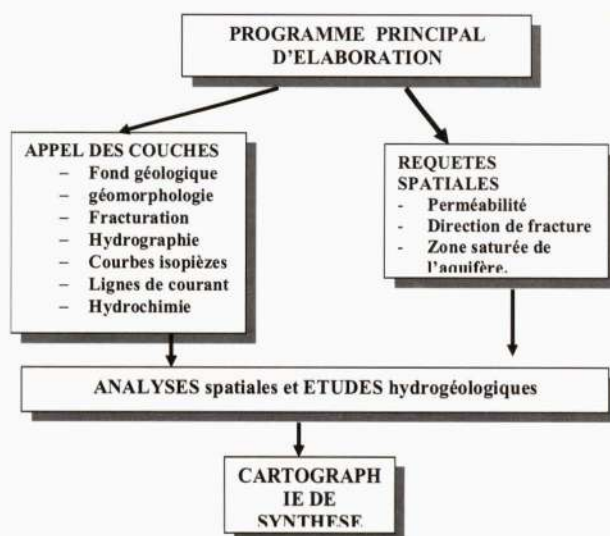


Fig. 7 – Prototype du modèle
Prototype of the model

4 - Résultats et interprétations

4 - 1. Carte hydrogéologique de Aïn Séfra (Planche I)

La carte hydrogéologique de Aïn Séfra, couplée à un support hydrochimique montre l'existence de 02 lignes de partage des eaux souterraines, liées aux conditions structurales, qui ont généré l'étranglement de la cuvette de Aïn Séfra en gouttières synclinales. On observe ainsi la mise en place de 02 grands écoulements des eaux souterraines dirigées vers les cuvettes piézométriques d'El Hendjir, et de Dalaât Tiout ainsi qu'un écoulement orienté vers le synclinal de Tirkount – Mékalis. On est donc en présence de 03 bassins hydrogéologiques dont les limites sont à rechercher vers Forthassa (carte de Forthassa Gharbia) à l'ouest pour le bassin hydrogéologique d'El Hendjir et vers Naâma (carte de Mékalis) au nord pour les bassins hydrogéologiques de Dalaât Tiout et de Mékalis. Ainsi la carte de Aïn Séfra à elle seule ne peut suffire pour comprendre la dynamique des grands écoulements souterrains au sein de la partie centrale des monts des Ksour. Pour cela, une carte de synthèse regroupant les six coupures hydrogéologiques s'est imposée. Au droit des cuvettes piézométriques (Dalaât Tiout, El Hendjir), des anomalies hydrochimiques sont observées (3000 à 4000 mg/l de sels dissous), liées probablement à la proximité du Trias, recoupé par forage. La mise en place de cette anomalie paraît correspondre à la présence d'accidents non décelés par la géophysique, affectant les synclinaux des grés albo-aptiens (Hadji, 2003).

4 - 2. Carte hydrogéologique de synthèse des monts des Ksour (Planche II)

L'établissement de la carte hydrogéologique de synthèse des monts des Ksour (Mansour, 2007) a pour but principal de reconnaître les limites hydrogéologiques des grands aquifères liées aux grés du Barrémo-Albo-Aptien. On peut reconnaître du nord au sud les bassins hydrogéologiques :

- Bassin de Haoud El haïmar (SW – NE), alimenté par les versants nord du djebel Arar et ceux du

versant sud du djebel Morhad (carte djebel Arar et carte Mékalis).

- Bassin de Naâma, centré autour de Sebkhet Naâma, alimenté principalement par le djebel Melah (carte Mékalis).

- Bassin de Tirkount – Mékalis (SW – NE), alimenté latéralement par les versants des djebels Morhad, Aïssa et Tifkirt (carte Aïn Séfra et carte Mékalis).

- Bassin de Dalaât Tiout – Haoud El Botma – Asla (SW – NE), alimenté latéralement au niveau de Dalaât Tiout par les versants des djebels Mekhter, Djara, Aïssa, Tifkirt et au niveau de Asla par les versants des djebels Afzouz, Talbouna, Melah et Bram (carte Aïn Séfra et carte Mékalis). Une alimentation verticale ascendante à partir du Jurassique très fracturé est mise en évidence à Tiout (Aïn Séfra) et à Remta (Asla).

- Bassin El Hendjir – Sfissifa – Forthassa (SW – NE), alimenté par les versants des djebels Saïga et Mir El djebel (carte Aïn Séfra et carte Forthassa Gharbia).

- Bassin de Moghrar sous forme de cuvette synclinale, drainé par l'oued Namous, alimenté d'une part à partir du NE par le petit synclinal drainé par l'oued Rhouiba (Aïn Es Somm, Hassi Ahmar Kheddah) et d'autre part à partir de l'est par le synclinal des Oglat, drainé par l'oued Moghrar (carte de Moghrar et carte de Djenien Bourezk). Sur le tracé même de l'oued Namous, au droit de son intersection avec l'Oued Fer'at El Beguer, une perte longeant la faille permet d'alimenter la plate forme saharienne.

- Bassin de Djenien Bourezk, appelé synclinal de Hadjret El M'guil qui s'étend vers le SW jusqu'aux gorges de l'oued Dermel. La plus grande partie de l'impluvium est constituée par la puissante série gréseuse du Jurassique supérieur qui permet d'alimenter la plate forme saharienne à partir de la flexure sud atlasique (Mansour et *al.*, 1998).

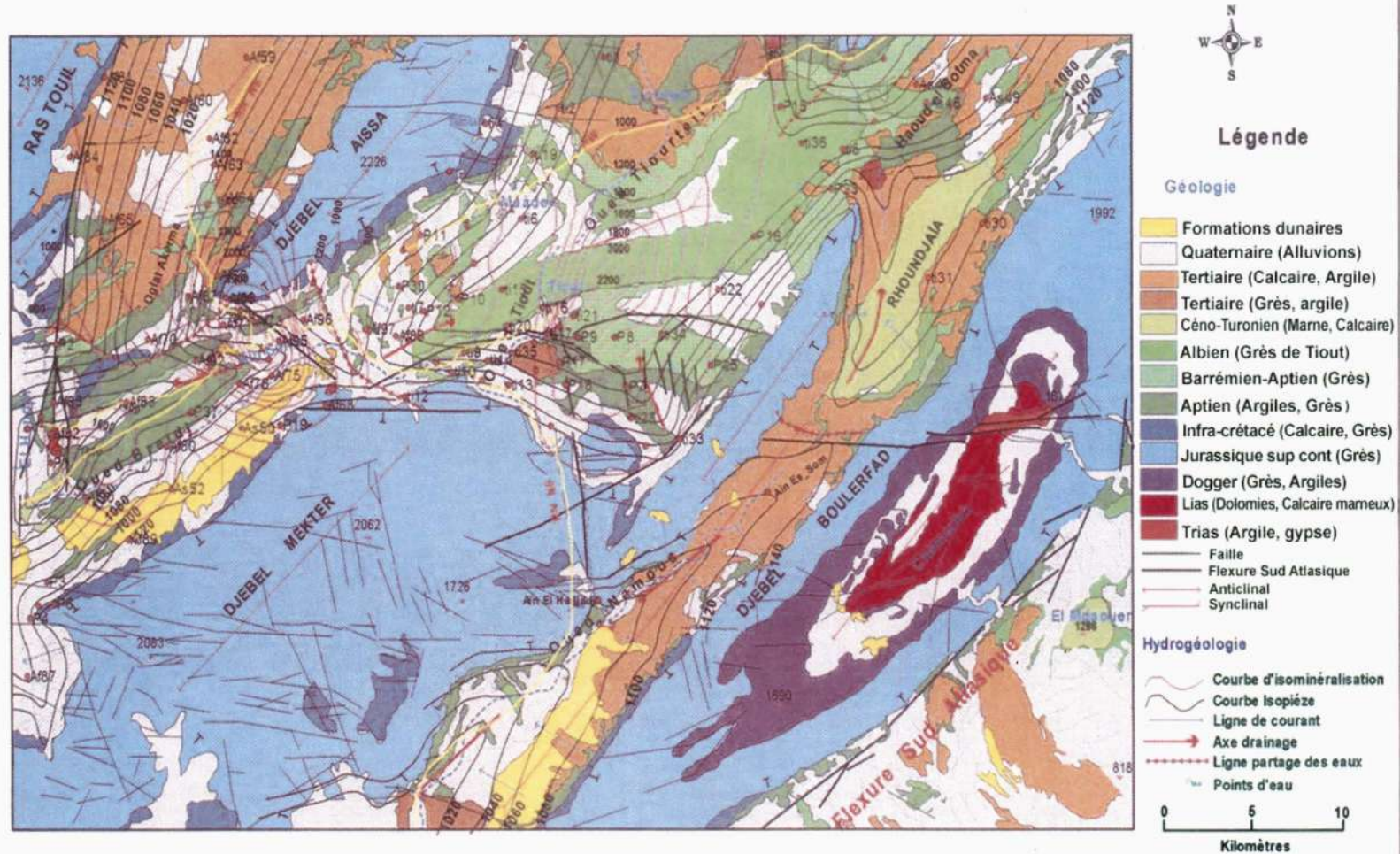


Planche I - Carte hydrogéologique de Aïn Séfra, février 2003 (Mansour, 2007)

Hydrogeological map of Aïn Séfra (Mansour, 2007)

APPORT DES SYSTÈMES D'INFORMATION À L'ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTOGRAPHIE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE
(MONTS DES KSOUR, ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL, ALGÉRIE)

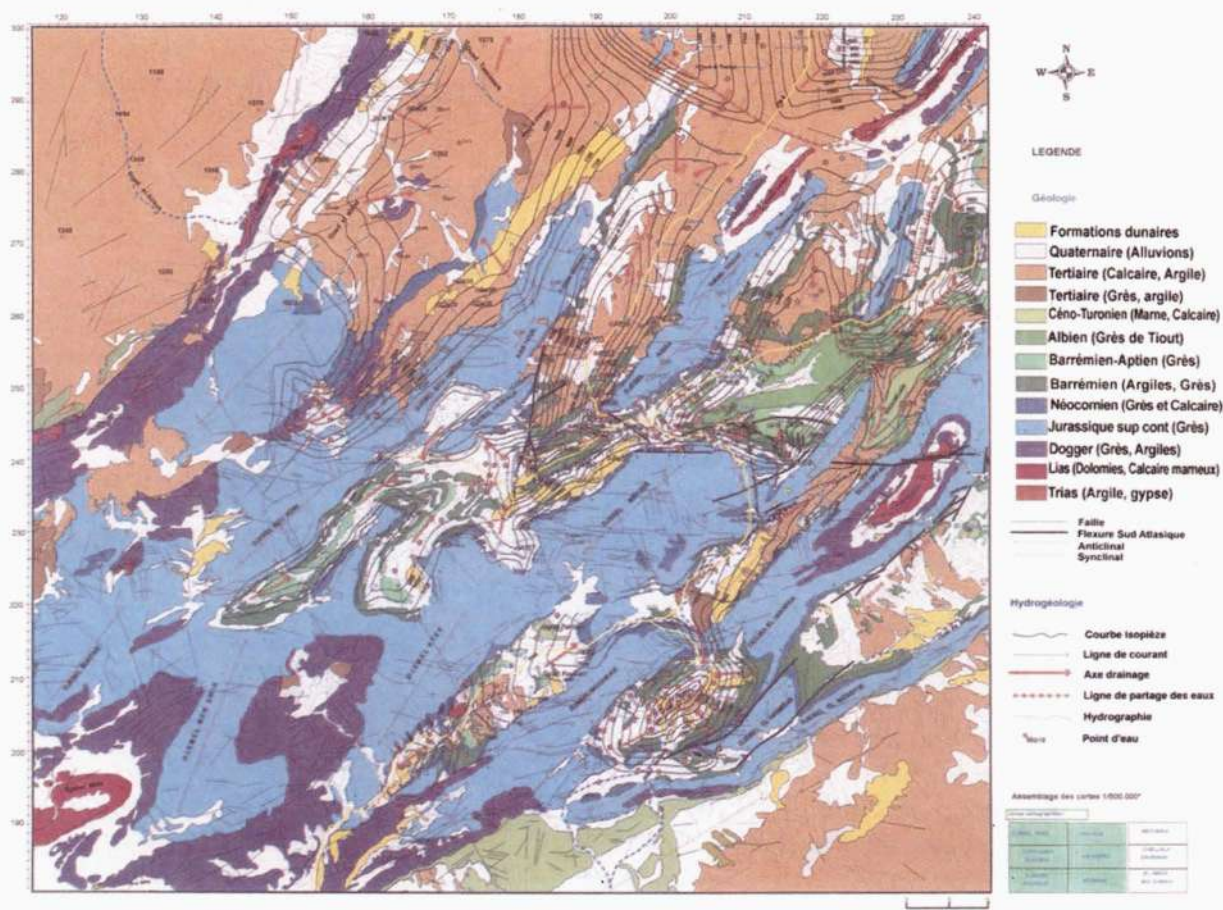


Planche II – Carte hydrogéologique des monts des Ksour (février 2003; Mansour, 2007)

Mounts of Ksour hydrogeological map

5 - CONCLUSION

Ainsi grâce à l'apport des SIG, une réflexion et une optique régionale ont été tentées par l'élaboration d'une cartographie hydrogéologique, qui a permis de retracer la configuration des grands écoulements des eaux souterraines dans les monts des Ksour. Deux faits majeurs conditionnent la genèse des grands écoulements souterrains : le rôle hydrodynamique de l'accident sud atlasique (Béni Ounif - Djenien Bourezk - Moghrar) dans la réalimentation de la plate forme saharienne et la fonction capacitive des cuvettes synclinales.

Les conditions aux limites des bassins hydrogéologiques se trouvent intimement liées à la présence de failles, générant le plus souvent des discontinuités hydrodynamiques (lignes de partage des eaux souterraines). Ce contexte a eu pour conséquence de dépasser le cadre de l'entité structurale « synclinal ». On peut citer en exemple l'extension du bassin hydrogéologique d'El Hendjir qui s'étend depuis l'Ouest de Aïn Séfra jusqu'aux limites de Forthassa Gharbia ou encore celui de Dalaât Tiout qui s'étend depuis l'Est de Aïn Séfra jusqu'à Asla dans la feuille de Mékalis. Cet immense appareil hydraulique, régit par un hydrodynamisme complexe et commandé par un contexte géostructural propre au style atlasique a été analysé à partir d'une Base de Données Géospatiales, nous permettant d'établir des cartes de synthèses révisables.

BIBLIOGRAPHIE

- AIT DRISS, K. ET SELLAH, O. 1995.** Contribution à l'étude hydrogéologique du synclinal de Naâma (Monts des Ksour, Atlas saharien). *Mém. Ing. Univ. Oran*, 130 p, 58 fig.
- AIT OUALI, R. 1991.** Le Rifting des monts des Ksour au Lias. Organisation des bassins, diagenèse des assises carbonatées. Place dans les ouvertures mésozoïques du Maghreb. *Thèse de doctorat es Sciences, Univ-Alger*, 297 p, 16 Tabl, 6 Pl.
- BENEST, M. 1985.** Evolution de la plate forme de l'Ouest algérien et Nord Est marocain au cours du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur. Stratigraphie, milieu de dépôt et dynamique sédimentaire. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 95, 1-2, 581 p, 145 fig, 23 pl.
- BENYAMINA, M. ET IGHIL, L. 1999.** Etablissement d'un système d'information hydrogéologique (HYGIS) appliqué à un bassin endoréique: cas du Chott Chergui. *Mém. Ing. Univ-Oran*, 111 p, 46 fig.
- COMPAGNIE GÉNÉRALE DE GÉOPHYSIQUE (C.G.G.) 1974.** Campagnes géophysiques dans les Monts des Ksour. *Rapports inédits, ANRH, Oran*.
- DOUHASNI, M. 1976.** Etude géologique de Aïn Ouarka - Boussemghoun. Analyse structurale (Monts des Ksour, Atlas saharien, Algérie). *Thèse 3^{ème} cycle, Univ.-Oran*, 272 p, 52 fig, 4 pl.
- GALMIER, D. 1974.** Photogéologie de la région de Aïn Séfra (Atlas saharien, Algérie). *Thèse doctorat d'état. Fac. Sc. De Paris*. 320 p, 9 cartes.
- GARDARIN, G. 1988.** Base de données, les systèmes et leur langage, *Édition : Eyrolles (Paris)*.
- HADJI, F. 2003.** Hydrochimie des eaux du Sahara Nord occidental (Algérie). *Thèse de magister - Univ. Oran*, 151 p, 82 fig, 50 tab, 2 pl.
- KEBIR, L. W. 1999.** Apport de la télédétection et les SIG à l'étude hydrogéologique. *Thèse de Magistère (PGS). Centre national des techniques spatiales, Arzew*.
- KRADCHI, B. ET MESBAHI, K. 2001.** Essai de synthèse cartographique des écoulements souterrains des synclinaux des Monts des Ksour (Atlas saharien). *Mém. Ing. Univ. Oran*, 81 p, 57 fig.
- MANSOUR, H., 1993.** Les isotopes dans l'eau du Sahara Nord occidental algérien (Grand erg occidental - Hamada du Guir). *2^{ème} journées de géologie appliquée, Sfax*, pp. 88 - 111.
- MANSOUR, H., SAFA, A. ET BEKHEDDA, B. 1998.** La flexure Sud atlasique et son rôle hydrodynamique dans la réalimentation de la plateforme saharienne (cas du synclinal de Béni-Ounif). *Journées d'études sur les zones arides, retroperspectives, enjeux et réalités; Adrar*.

APPORT DES SYSTÈMES D'INFORMATION À L'ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTOGRAPHIE HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE
(MONTS DES Ksour, ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL, ALGÉRIE)

- MANSOUR, H. 2007.** Hydrogéologie du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal en domaine aride. Exemple des Monts des Ksour (Atlas saharien occidental, Algérie). *Thèse doctorat d'état. Univ. Oran*, 407p, 162 fig, 43 tab., 8 pl.
- MARGAT AND STRUCKMIEIR, 1995.** Hydrogeological maps a guide and standard legend international contribution to hydrogeology, AIH, *Verglas Heise, Hannover* - Vol. 17.
- MEKIDÈCHE, D., MANSOUR, H., SAI, W., TOUT, S., ET YOUNSI, N. 1995.** Notice explicative de la carte hydrogéologique de la région de Béchar au 1/500.000^e. *ANRH. Projet PNUD/ALG/88/021*. 73 p, 33 fig, 6 tabl, 1 carte.
- NATHALIE, D. 2000.** Base de données vectorielles à l'échelle conceptuelle de 1/250 000. Définitions des données, *Document Référence : TOP250v-GIS, IGN-B (Belgique)*.
- NOUAR, O.B. 2003.** Structures de réactivation dans le Djebel Amour (Atlas saharien, Algérie). *Bulletin des Sciences géographiques*, N° 11, pp. 35 – 42.
- RAHMANI, A. 1993.** Contribution à l'étude hydrogéologique du synclinal El Hendjir – Aïn Séfra - Tiout (Monts des Ksour, Atlas saharien). *Mém. Ing. Univ. Oran*, 100 p, 55 fig.
- SALHI, A. 2002.** Evolution paléogéographique et dynamique de la bordure méridionale du sillon atlasique au cours du Lias et du Dogger (région de Béni ounif, Atlas saharien occidental, Algérie). *Thèse magister, Univ. Oran*, 138 p, 66 fig.
- SIDI YACOU, A. 2002.** Traitement et interprétation des données de géophysiques par prospection électrique appliquées à l'hydrogéologie. Exemple : Forthassa Gharbia et Djenane El Adham (Chott El Gharbi). *Mém. Ing. Université d'Oran*. 112 p, 51 fig.
- ZIANE, F. 2004.** Le volcanisme triasique de Djenien Bou- Rezk. Cartographie, pétrographie et mise en place. (Monts des Ksour, Atlas Saharien occidental). *Mém. Ing. Univ. Oran*, 46 p, 7 fig, 17 pl.