

## Base de Données Géospatiales : Cartographie Hydrogéologique des Monts des Ksour (Atlas Saharien Occidental, Algérie)

Par H. Mansour, I. Zeroual, M. Foukrache, A. Nadji  
Faculté des sciences de la terre, de géographie et d'aménagement du territoire,  
Université d'Oran, BP 1524. E-mail : l\_mansou\_l@yahoo.fr

### ملخص :

الطريقة التي اعتمدها هي نتاج لتجميع و تنظيم المعطيات الهيدروجيولوجية المتوفرة عن الطبقات المائية لمرتفعات القصور، المترجمة من خلال الخصائص الهيدروديناميكية و الهيدروكيميائية و الشروط الحدية ؛ وذلك من أجل صياغة شكل جريان المياه الجوفية.

في هذا الصدد، كانت أول عملية هي إعادة بنية الشكل الهندسي للطيات المقعرة لمرتفعات القصور على أساس المقاطع الجيولوجية و الخرائط التركيبية. و بعد ذلك انطلاقا من نظام الإعلام الجغرافي، كانت هناك محاولة لاعادة خرائطية هيدروجيولوجية مكنت من تتبع شكل جريان المياه الجوفية في مرتفعات القصور. بالفعل فهو عبارة عن جهاز هيدروليكي ضخم محكوم بديناميكية مائية معقدة و نسق جيوتركيبي خاص بالنمط الأطلسي. وهكذا، فقد تم إنشاء معلوماتية جيوحيزية لاعادة خرائط تحليلية قابلة للمراجعة.

كلمات دالة : هيدروجيولوجية، جيوتركيبية، خرائطية، قاعدة معلوماتية جيوحيزية.

**Résumé :** La démarche que nous adoptons découle par la collecte et 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. Ensuite 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. Il s'agit en effet d'un immense appareil hydraulique, régit par un hydrodynamisme complexe, commandé par un contexte géostructural propre au style Atlasique. Ainsi, une Base de Données Géospatiales a été constituée pour élaborer des cartes de synthèses révisables.

**Mots clés :** Hydrogéologie, Géostructural, Cartographie, Base de Données Géospatiales.

**Summary :** The step that we adopt rises by the collection and the organization from the hydrogeologic data available of the aquiferous system of the

mounts of Ksour, translated into term of hydrodynamic properties (isopièzes), hydrochimic (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 cuts and charts structural. Then thanks to the contribution of the SIG, a reflexion and a regional optics were tried by the development of a hydrogeologic cartography, which made it possible to recall the configuration of the great underground water run-offs in the mounts of Ksour. It is indeed about an immense hydraulic apparatus, governs by a complex hydrodynamism, ordered by a context géostructural suitable for the Atlasique style. Thus, a Data base Géospatiales was made up to work out revisable charts of synthèses.

**Key words :** Hydrogeology, Géostructural, Cartography, Géospatiales Data Base.

### 1. Introduction

Afin d'œuvrer à une gestion intégrée des ressources en eau, il est nécessaire de mettre à la disposition des décideurs une cartographie hydrogéologique de synthèse leur permettant d'apporter une réponse réelle à la gestion des 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. La carte hydrogéologique de la partie centrale des monts des Ksour, regroupant la coupure au 1/100.000<sup>e</sup> de Ain 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 (souterraines et superficielles) et l'hydrochimie.

## 2. Considérations générales

### 2.1 Les monts des Ksour dans leur contexte régional (fig. 01)

l'Atlas Saharien se raccorde à l'Ouest depuis le moyen et le haut Atlas Marocain 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 avec beaucoup de netteté par une série d'accidents en coulisses de plis failles et de failles (flexure Sud Atlasique).

### 2.2. Cadre géologique et structural

Les affleurements, essentiellement Jurassique, forment des structures anticlinales longues et étroites, séparés 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 traduisent également des failles inverses et des chevauchements.

L'érosion différentielle a façonné les reliefs de façon à donner des cuestas et des anticlinaux érodés.

La variété du style tectonique qui diversifie la région plissée des monts des Ksour a créé un relief monoclinale en éventail ou en pli coffré.

Parfois le pli est de type diapir. Souvent le Trias salifère crée une échancrure au sommet de l'anticlinal et se répand sur les roches plus récentes (Dj. Chemarikh et Dj. Melah).

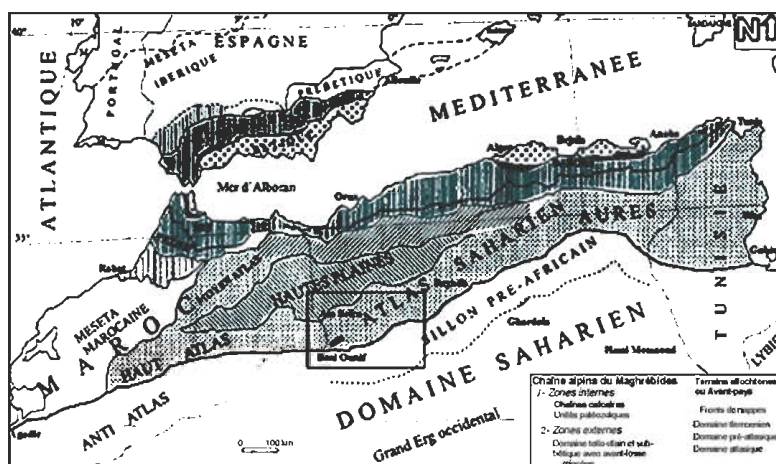


Fig. 1 Les monts des Ksour dans leur contexte régional, (Benest, 1985) - Partie méridionale de l'Atlas Saharien et piémonts de la plate forme Saharienne.

### 2.3 Cadre hydrogéologique

Les monts des Ksour dont les bassins d'alimentation sont particulièrement étendus, renferment des systèmes aquifères aux structures et formations lithostratigraphiques complexes.

Ces aquifères sont pour la plupart multicouches, à nappe libre, intercalés par des formations semi perméables. Les principales ressources en eaux souterraines sont localisées dans le système aquifère gréseux du Continental Intercalaire.

Deux faits majeurs conditionnent la genèse des grands écoulements souterrains: le rôle hydrodynamique de l'accident Sud Atlasique (Béni Ounif -

Djenien Bourezk - Moghrar) et la fonction capacitive des cuvettes synclinales (Ain Séfra - Asla - Naâma).

#### 2.3.1 Zone de l'accident Sud Atlasique (Béni Ounif - Djenien Bourezk - Moghrar)

Ces unités affleurent le long de l'accident Sud Atlasique et constituent un aquifère un peu particulier de par sa structure morphotectonique.

Cette particularité lui confère une zone d'alimentation privilégiée pour les grès du *Continental Intercalaire*, par l'intermédiaire d'un réseau de fractures jouant le rôle de drains.

L'émergence d'un certain nombre de sources le long de ces accidents en relais témoigne de la liaison hydrodynamique entre les formations du Jurassique moyen et celles du Crétacé inférieur (*Continental Intercalaire*).

En faite, on ne peut pas parler dans cette région d'aquifères du Jurassique sans faire allusion à ceux des grés du Crétacé inférieur.

Les deux unités sont en relation hydrodynamique, l'un réalimentant l'autre par l'intermédiaire de cassures profondes.

A Béni Ounif, la coupe levée au droit de la flexure Sud Atlasique (fig. 02) montre le renversement de la série gréseuse du Crétacé inférieur (*Continental intercalaire*) sous les calcaires et dolomies du Jurassique moyen.

Cette structure est remarquable le long des Djebels Mélias, Tarhla et Si Youssef.

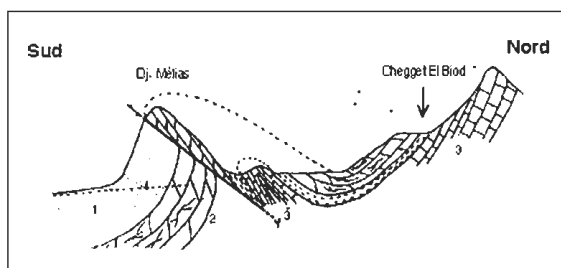


Fig. 2 Coupe hydrogéologique schématique au droit de la flexure Sud Atlasique (Béni Ounif).

1 : Grés du C.I (Crét inf) – 2 : Calcaires (Jur. moyen) – 3 : Calcaires et dolomies fissurés (Jur. inf) – 4 : NP

### 2.3.2 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 grés 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 niveaux gréseux aquifères différents. C'est du niveau moyen qu'émergent les grosses sources qui constituent les exutoires naturels de cette nappe (ex : sources de Tiout et de Breïdj).

Les coupes hydrogéologiques schématiques établies sur la base des données de forage et de la prospection électrique montrent l'existence de 03 horizons aquifères inter stratifiés (fig. 03) :

- Grés 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.

- Grés massifs à double perméabilité, voir triple (interstices, fissures et chenaux de dissolution) attribués au Barrémo-Albo-Aptien, associés le plus souvent à des intercalations argileuses et argilo-gréseuse rouges, conférant à l'ensemble une semi captivité de la nappe (coupes A-A' et C-C') et où l'alimentation par drainance à partir des grés du l'infra - Crétacé joue un rôle important.

- Formations Quaternaires formées d'alluvions, de terrasses et de dunes.

## 3. Bases de Données Géospatiales

### 3.1 Introduction

Dans ce travail nous proposons une modélisation conceptuelle de données hydrogéologiques afin de produire une Base de Données Géospatiale.

Un SIG contenant des données **topographiques**, **géomorphologiques** (relief, nature du sol, structure de sol), et **hydrogéologiques** doit permettre une analyse spatiale et environnementale très précise pour la prise de décision.

L'intégration de ces données pour une cartographie dite « **Cartographie des monts des Ksour** » est réalisée à l'aide du SIG Mapinfo.

### 3.2 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 référencées.

Les Fonctionnalités d'un SIG s'articulent autour de 05 modules dont l'Acquisition des données, la numérisation, la manipulation de données, la Gestion, l'Analyse spatiale et enfin l'édition des données.

Les caractéristiques particulières des données hydrogéologiques et la constitution de base de données géospatiales sont nécessaires à étudier (HD93).

Un Système d'Information Géographique (SIG) est souvent utilisé comme un logiciel offrant des capacités de cartographie numérique, de gestion de Base de Données et d'analyse spatiale.

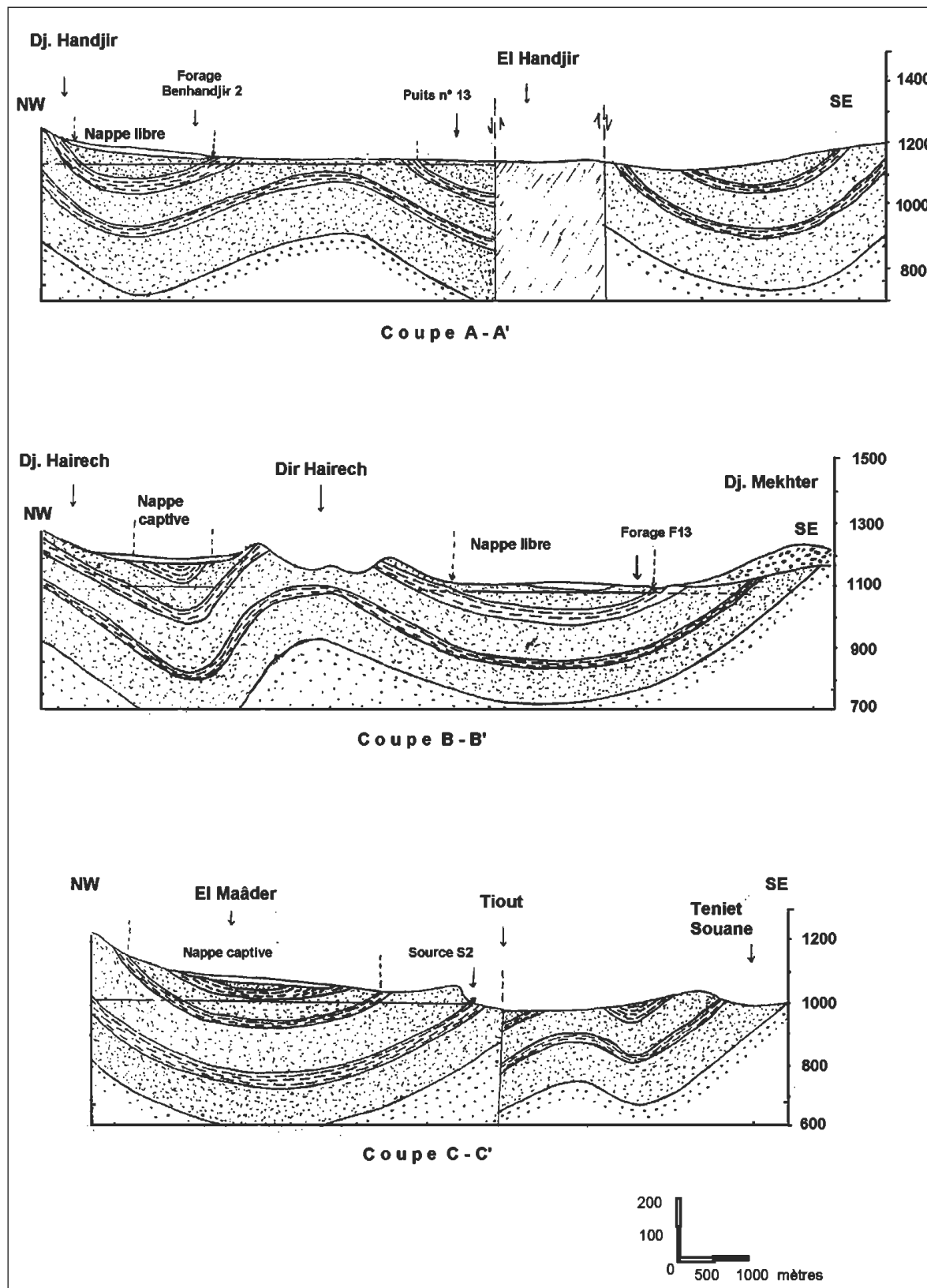


Fig. 3 Coupe hydrogéologique schématique à travers du synclinal de Ain Séfra.

Quaternaire    
  Grès Barrémo-Albo-Aptien    
  Grès Jurassique    
 - - - - - N S

### 3.3 Mise en œuvre

• **MapInfo** : c'est un système d'information géographique (SIG) vecteur installé sur PC destiné pour automatiser, manipuler, analyser et visualiser les données géographiques. Ce logiciel a la possibilité de gérer à la fois des données géographiques et descriptives.

• **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.

• **Manipulation des données** : les couches numérisées dans Mapinfo ont été produites à partir de cartes géologiques au 1/100.000<sup>e</sup>, scannées au format A0. On distinguera 02 niveaux :

\* **Niveau géométrique** : la puissance de MapInfo nous a permis de compléter l'ensemble des couches d'information du M.C.D. En se basant sur les éléments de ce modèle, les entités ont été numérisées sur écran de la façon suivante :

- **Les couches géologiques** : Trias (gypses), Jurassique (calcaires), Crétacé (grès).

- **Hydrogéologie** : les points d'eaux, les courbes isopièzes, les lignes de courant, les axes de drainages, les lignes de partage des eaux souterraines.

- **Hydrochimie** : analyses chimiques, courbes isovaleurs.

- **Morphologie structurale** : fracturation, anticlinaux et synclinaux.

- **Hydrographie** : le réseau superficiel (oueds, Chott, Sebka).

- **Les lieux habités et voies de communications.**

Toutes les entités spatiales et leurs données descriptives, peuvent être entachées d'erreurs ou d'imprécision. L'opération consiste à établir le lien entre données spatiales et descriptives afin de vérifier les erreurs de saisies.

\* **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 sont gérées par un système de base de données relationnelles (SGBDR) qui permet de les manipuler facilement (mise à jour colonne et modification de la structure des tables).

#### 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 couche univariée ou couches multivariées.

L'Analyse univariée concerne les traitements sur une couche et avec les opérations de types statistiques (nombre, moyenne, minimum, maximum, intervalle, variance, écart-type), opérations arithmétiques, opérations logiques.

L'analyse multivariée est la combinaison de deux ou plusieurs couches afin d'élaborer une carte de synthèse ou des cartes thématiques.

A titre d'illustration, vous trouverez ci-après la carte de synthèse de Aïn Sefra (fig.04), basée sur les couches suivantes : Aïn Sefra\_ID (géologie), table Aïn Sefra (puits et forages), table fracturation (morphologie structurale) et table courbes minéraux (hydrochimie).

La carte hydrogéologique de Aïn Séfra, couplée à un support hydrochimique montre l'existence de 02 lignes de partages 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 03 directions de l'écoulement des eaux souterraines :

- Un écoulement de direction WSW, orienté vers la cuvette piézométrique d'El Hendjir.

- Un écoulement de direction ENE, orienté vers la cuvette de Dalaât Tiout.

- Un écoulement de direction NNE, 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.

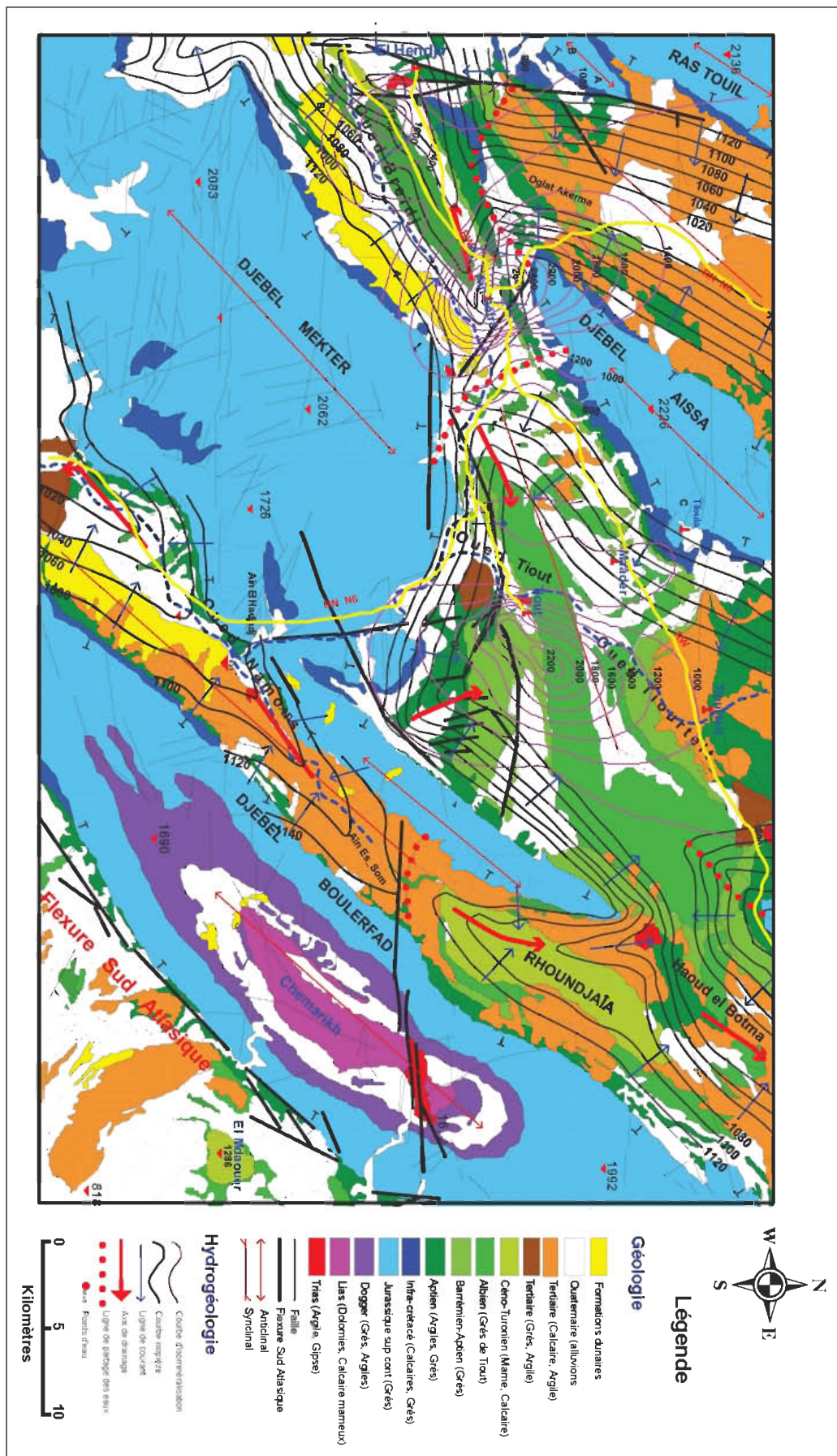


Fig. 4 Carte hydrogéologique de Ain Séfra.

Au droit des cuvettes piézométriques (Dalaât Tiout, El Hendjir), des anomalies hydrochimiques sont observées (concentrations anormalement élevées de 3000 à 4000 mg/l de sels dissous).

La mise en place de cette anomalie paraît correspondre à la présence d'accidents non décelés par la géophysique, affectant les grés Albo-Aptiens.

### 3.4 Application

• **Modélisation (modèle global)** : Le résultat de l'analyse de l'inventaire des données hydrogéologiques à permis de dégager un premier modèle conceptuel simplifié pour éviter d'alourdir le schéma.

La définition d'un prototype global permet d'expliquer les données pertinentes de la Base de Données Geospaciales (fig. 05).

• **MCD** : le schéma conceptuel de données a permis d'extraire le Modèle Physique de données suivant (fig. 06).

La version initiale de la Base de Données Geospaciales permet la mise en place d'une cartographie thématique pour les besoins de l'hydrogéologie.

Une amélioration de la carte géologique des monts des Ksour est une perspective pour les futures versions.

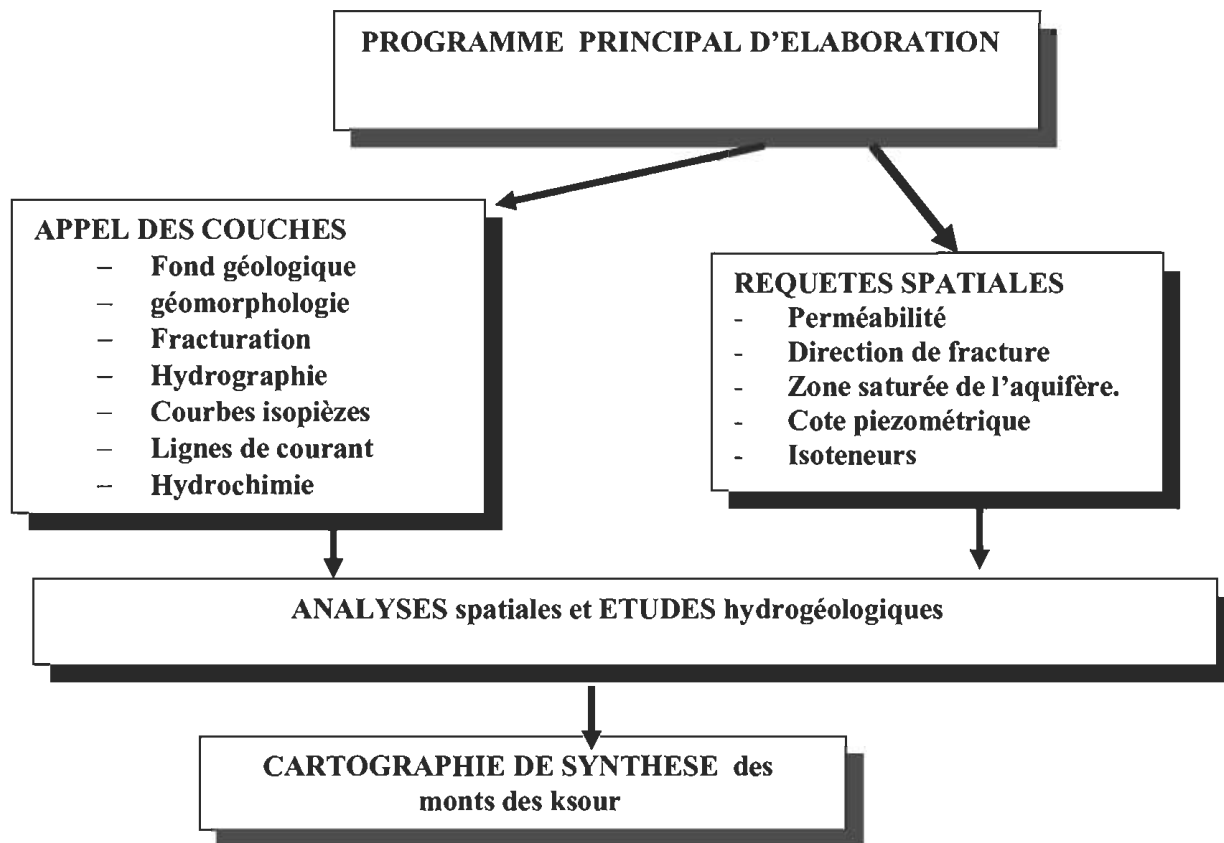


Fig. 5 Modèle conceptuel simplifié.

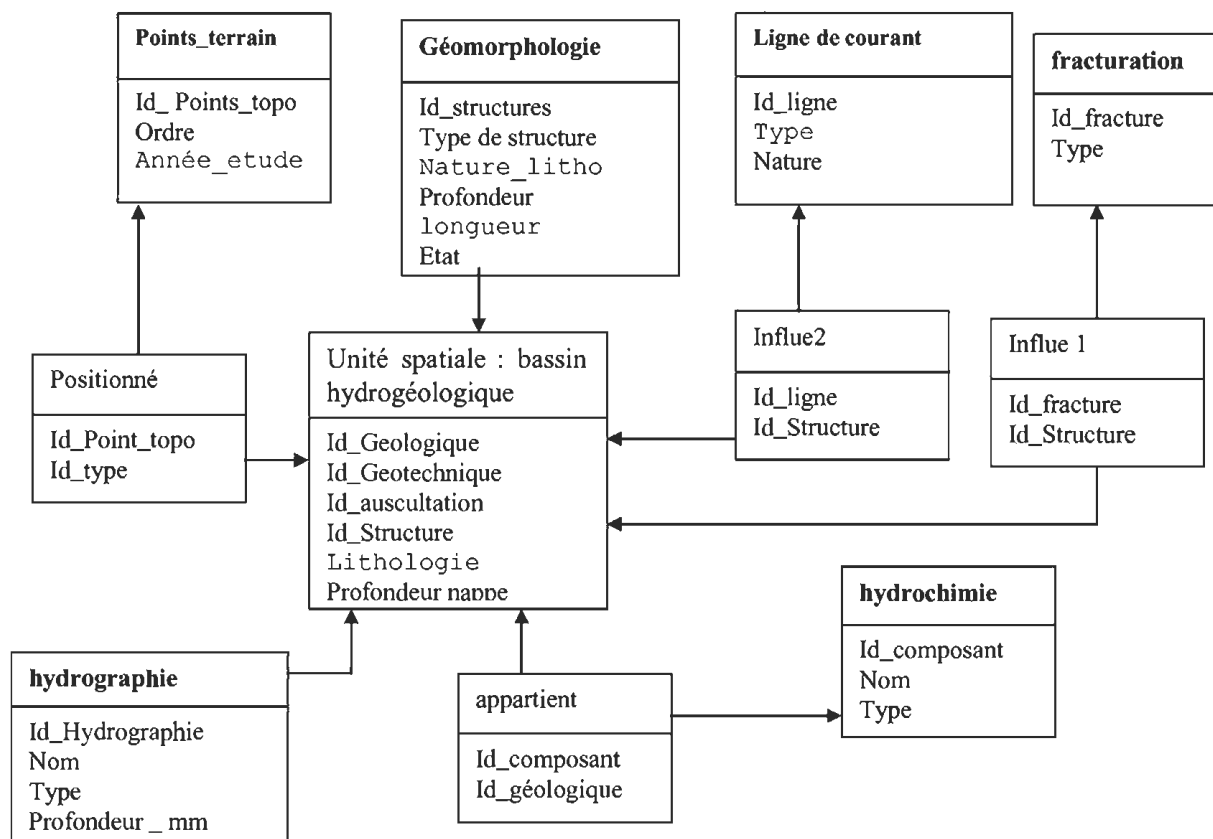


Fig. 6 Modèle conceptuel de données (MCD).

#### 4. Conclusion

Le résultat de ce travail pourra servir à l'élaboration d'une politique visant à suivre le comportement du système hydrogéologique des formations aquifères de la partie centrale des monts des Ksour.

Cette cartographie sera utilisée pour établir les priorités d'action en ce qui concerne la gestion des champs de captage, la surveillance de la qualité des eaux souterraines et la restauration des sites pollués.

Par ailleurs, les données géospatiales obtenues serviront à l'amélioration du Modèle Conceptuel des Données pour la gestion des ressources en eaux souterraines.

La carte de Aïn Séfra à elle seule demeure insuffisante 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 plusieurs coupures hydrogéologiques s'impose.

#### Références

Benyamina M. 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.

Dindon E., 1990 : Systèmes d'information géographiques : Concepts, Fonctions, applications, Laboratoire commun de Télédétection, CEMAGREF / ENGREF (Montpellier).

Galmier D., 1970 : Photogéologie de la région de Aïn Séfra (Atlas Saharien, Algérie). Thèse doctorat d'état. Fasc. Sc. De Paris. 320 p, 9 cartes.

Gardarin G., 1988 : Base de données, les systèmes et leur langage, Edition : Eyrolles (Paris).

Hadji F., 2003 : Hydrochimie des eaux du Sahara Nord Occidental (Algérie). Thèse 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., Mesbahi K., 2001 : Essai de synthèse cartographique des écoulements souterrains des synclinaux des Monts des ksour (Atlas Saharien occidental). Mém. Ing. Univ – Oran, 81 p, 57 fig.
- Mansour H., Safa A., 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, retroverspectives, enjeux et réalités ; Adrar.
- Motet S., 1992 : Systèmes d'information géographique. CNTS. (Arzew).
- 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).
- Rahmani A., 1993 : Contribution à l'étude hydrogéologique du synclinal El Hendjir – Aïn Séfra - Tiout (partie centrale des Monts des Ksour, Atlas Saharien). Mém. Ing. Univ – Oran, 100 p, 55 fig.
- Razack M., 1984 : Application des méthodes numériques statistiques à l'identification des réservoirs fissurés carbonatés. Thèse d'état. Univ. Sc. Et Tech. Languedoc. Montpellier.
- Sidi Yacoub 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.
-