

## **ETABLISSEMENT D'UNE CARTE DE VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINE A LA POLLUTION PAR LA METHODE DRASTIC CAS DE LA REGION D'ADRAR (TOUAT)**

*Mohammed Djaâfri, Ahmed Hamou, Hamidi Mansour, Larbi Mekahli.*

*Laboratoire d'Etudes des Sciences des Matériaux & de l'Environnement  
Département de Physique, Faculté des Sciences,  
Université d'Oran, Es-Sénia, Algérie.*

*Tel. & fax : 213-(0)-41-58-19-46*

*E-mail : djaafrimoh@yahoo.fr; ahmedhamou@yahoo.fr; l.mansou.1@yahoo.fr*

### **ملخص**

تعتبر المياه الجوفية المصدر الرئيسي للتزويد بالماء الشروب في المدن الصحراوية ، كونها معالجة طبيعياً ومحمية من مخاطر التلوث، بيد أن التوسع العمراني والكثافة السكانية المتزايدة تضع هذا المصدر الطبيعي تحت ضغط كبير . ولاية أدرار بالخصوص عرفت مؤخراً نشاط زراعي وصناعي معتبر وذلك بإنشاء مصفاة للبتترول في مدينة سبع على بعد 30 كلم من مقر الولاية شمالاً إضافة إلى برنامج الدعم الفلاحي الذي عرف انتشاراً واسعاً في المنطقة، كل هاته الأسباب تجعل المياه الجوفية والتي هي المصدر الرئيسي والوحيد في المنطقة للتزويد بالماء الشروب عرضة لمختلف أنواع التلوث. للوقاية من خطر تلوث هذا المصدر، كان من بين الخطوات الرئيسية هو معرفة المناطق الأكثر حساسية للتلوث وذلك بإنشاء خرائط توضح ذلك.

إن طريقة (DRASTIC) الدراستيك الأمريكية الأصل والمستخدمه قيد الدراسة في هذا البحث، توفر خرائط تبين مناطق المياه الجوفية الحساسة للتلوث في ولاية أدرار، فهي تعتمد على جملة ضخمة من المعطيات المتعلقة بالطبقات الجوفية، مدى بعد المياه الجوفية على سطح الأرض، مورفولوجية سطح الأرض، نوعية التربة، دراسة التساقطات وغازية الطبقات الباطنية الخ... كان من بين النتائج المتحصلة عليها في هاته الدراسة والتي خصت المناطق المجاورة لمدينة أدرار (مقر الولاية) ثلاث درجات من حساسية التلوث:

- مناطق جد حساسة للتلوث وتقع شمال وشمال شرق المنطقة (مراقن، تيبلان)
  - مناطق متوسطة الحساسية وتقع في المناطق الوسطى (بلدية تيمى)
  - مناطق ذات حساسية ضعيفة وتقع جنوب المنطقة قرب السبخة (تمنيط، كوسام، بوزان الخ....)
- هاته الخرائط تبقى كمرجع يعتمد عليه مستقبلاً بالنسبة للسلطات المحلية لمدينة أدرار كي تأخذ بعين الاعتبار هاته المناطق الحساسة للتلوث عند إنشاء المشاريع الاستثمارية بالمنطقة صناعية كانت أو زراعية.

### **Résumé:**

Les eaux souterraines constituent la principale source des systèmes d'approvisionnement en eau des grandes villes sahariennes. Elles sont synonymes « d'eaux propres » et répondent naturellement aux normes de potabilité.

Cependant, l'expansion rapide des villes et la forte croissance de la population en milieu urbain mettent une pression énorme sur cette ressource naturelle.

En outre la wilaya d'Adrar s'est investie récemment dans le programme national du relancement économique, elle est appelée à connaître un développement agro-industriel important par l'établissement de raffinerie pétrolière et l'application de Programme de National de Développement Agricole (PNDA).

Pour prévenir les risques de pollution de l'eau souterraine, une approche sur la connaissance des zones spécialement vulnérables est proposée. C'est dans ce but que cette étude a été initiée en vue de produire une carte de vulnérabilité intrinsèque des aquifères de la région. La méthode utilisée pour réaliser la carte est la méthode à cotation numérique DRASTIC (Aller et al. 1987). L'intégration et la combinaison des cartes de facteurs hydrogéologiques, en format GRID dans le SIG, sous environnement

Mappinfo, a permis de calculer des indices de vulnérabilité. Ces indices de vulnérabilité obtenus par cette méthode, ont été regroupés en trois classes (faible, moyenne et forte). La classe à forte vulnérabilité est située au nord dans le secteur de la ville d'Adrar. Le centre et le sud de la ville sont dominés par la classe de vulnérabilité moyenne avec des passages de classe faible et forte.

Le résultat de cette étude est un outil d'aide à la décision pour la gestion et l'aménagement du territoire.

## INTRODUCTION

La région d'Adrar fait partie du bassin du Sahara Nord Occidental, elle est caractérisée par un climat hyperaride (pluviométrie quasi nulle) où les eaux souterraines constituent la principale source d'alimentation en eau. Ces dernières proviennent essentiellement de la nappe du Continental Intercalaire. Cette nappe fait partie du Système Aquifère du Sahara Septentrional, partagée entre l'Algérie, la Libye et la Tunisie. Elle renferme des réserves d'eau considérables, qui sont cependant non renouvelables et dont l'exploitation est de type minière (OSS, 2003). Les eaux de cette nappe sont propres et répondent naturellement aux normes de potabilité, mais la pollution est le risque permanent de limitation de cette ressource en eau dans un proche avenir. Actuellement, la wilaya d'Adrar connaît un développement agro-industriel important par l'établissement de raffinerie pétrolière et par l'application du programme national de développement agricole (PNDA). Pour prévenir les risques de pollution de l'eau souterraine, une des approches est la connaissance des zones particulièrement vulnérables à la pollution.

La cartographie de la vulnérabilité des nappes à la pollution permet d'identifier les zones à haut risque de contamination (Aller et al. 1987). Plus de 20 méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des nappes à la pollution, sont recensées dans la littérature internationale. Nous avons choisi celle définie par Aller et al en 1987, connue sous le nom de la méthode DRASTIC qui est comptée parmi les méthodes les plus utilisées actuellement. Cette méthode est basée sur l'estimation de 7 paramètres relatifs à la recharge, au sol, à la zone non saturée et à la zone saturée de l'aquifère. L'application de la méthodologie développée a nécessité la mise en place d'un Système d'Information Géographique (S.I.G), avec les logiciels Mapinfo et son composant le Vertical Mapper. Ce SIG, synthétisant une masse de données (géologiques, hydrogéologiques, pédologiques, topographiques, etc.)

considérables, a permis de calculer des indices DRASTIC et de produire des cartes sur lesquelles sont délimitées les zones à haut risque de contamination.

## 1. APPLICATION DE LA METHODE DRASTIC A LA REGION D'ADRAR

### 1.1. Situation géographique (fig. 01 et 02):

La région d'étude, fait partie d'une vaste zone allongée dans le sens Nord-Sud. Elle est située dans la partie méridionale de l'Ouest Saharien, au Sud-Ouest de l'Algérie. Elle est limitée:

Au Nord par le Grand Erg Occidental.

Au Sud par le Plateau du Tanezrouft.

A l'Est par le Plateau du Tademaït.

A l'Ouest par l'Erg Chech.

Elle s'étend entre 27° 00' et 28° 00' de latitude Nord, et les méridiens 0° 00' et 1° 00' Ouest.

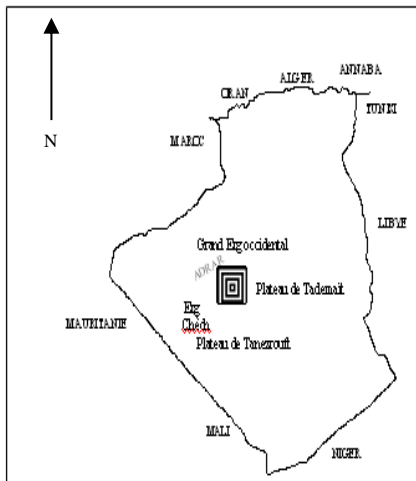


Figure 2: Situation géographique de la région d'étude

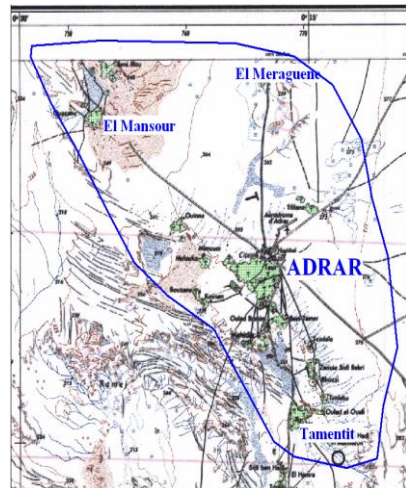


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude proprement dite s'étend du Meragune vers le Nord jusqu'au Tamentit vers le Sud, et du Bouda El mansour vers l'Ouest jusqu'à l'aérodrome vers l'Est, la superficie de cette dernière est de l'ordre de 350 km<sup>2</sup>.

### 1.2. Trace des cartes thématiques :

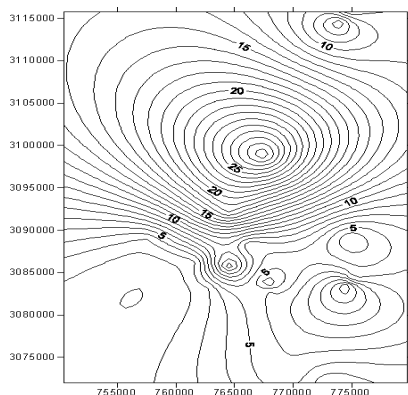
Des cartes indicielles sont réalisées pour chacun des sept paramètres considérés par la méthode DRASTIC, et sur lesquelles sont délimitées des zones en fonction des intervalles établis par le système de cotation DRASTIC. Cette opération s'est accomplie selon la procédure suivante:

1. Création de fond de discrétisation pour les paramètres dont on ne dispose que de données brutes (Profondeur de la nappe, Impact de la zone non saturée, Aquifère, Conductivité hydraulique), en utilisant un logiciel tel que Surfer, qui permet grâce à des méthodes d'interpolation de cartographier les iso-contours et donc de produire une carte isobathe et une carte des perméabilités (fig. 03).

2. Cartographie du contour de la région étudiée par un SIG (Mapinfo) (fig. 04).

3. Géoréférencement et ensuite digitalisation des cartes préalablement produites, le logiciel Le logiciel Vertical Mapper, qui est un utilitaire de Mapinfo donne à l'utilisateur la possibilité de thématiser de façon spatiale, les classes issues de l'application du système de cotation DRASTIC, après transformation de la carte sous forme de points (fig. 05-06).

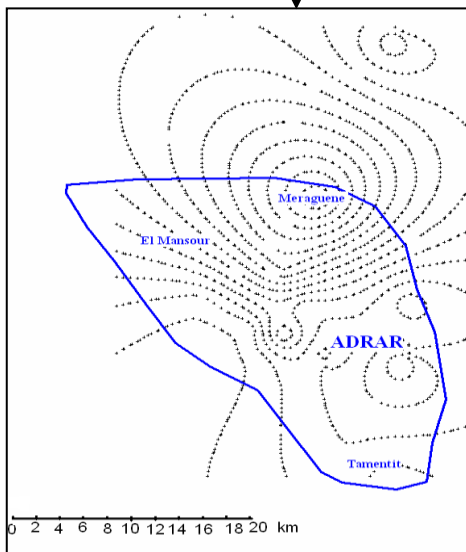
On prend le paramètre conductivité hydraulique parmi les quatre paramètres comme un exemple représentatif.



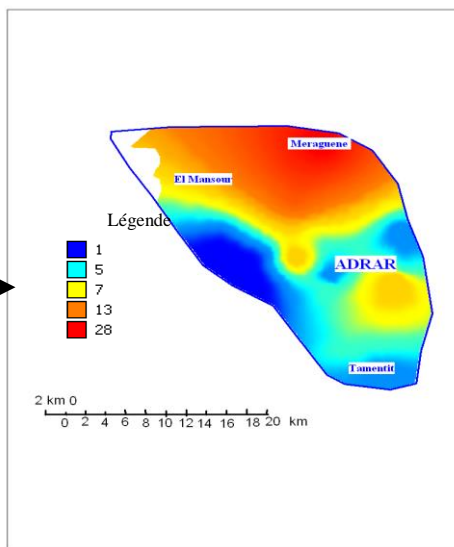
**Figure 3 : Implantation de la carte de la Conductivité hydraulique sur le logiciel Surfer**



**Figure 6 : Digitalisation de la carte sur le logiciel Mapinfo**



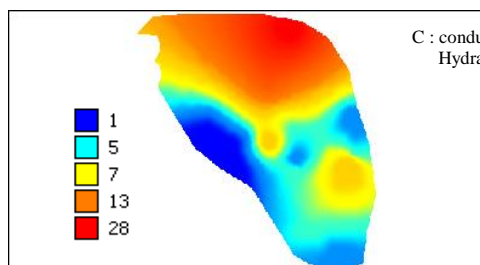
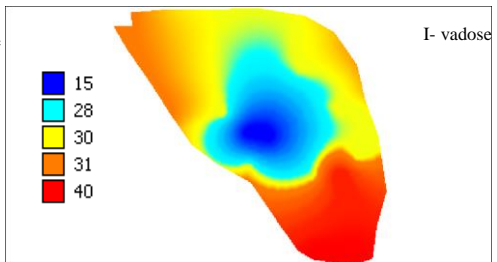
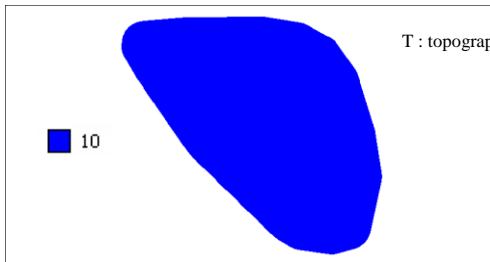
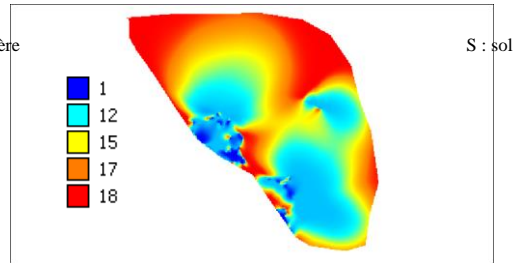
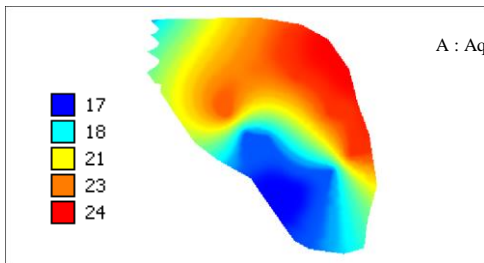
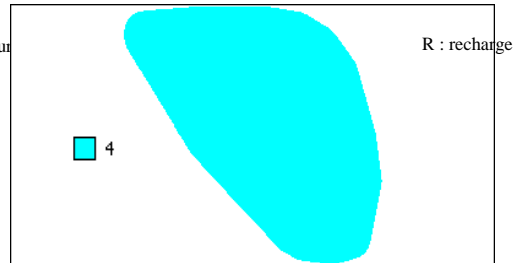
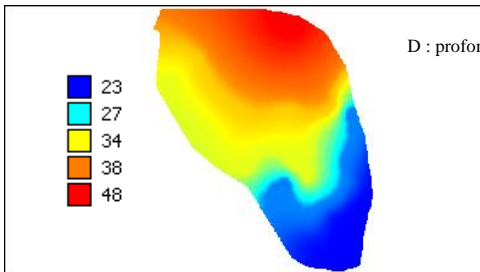
**Figure 5 : Transformation sous forme des points avec le logiciel Vertical Mapper**



**Figure 4 : Paramètre de conductivité hydraulique (C) de l'Indice DRASTIC**

4. La carte des pentes est réalisée en utilisant le MNT de la région. Le logiciel VERTICAL MAPPER, qui est un utilitaire de MAPINFO, permet de faire cette opération.

5. Géoréférencement et ensuite digitalisation de la carte des sols scannée à partir de la carte originale. Le logiciel MAPINFO donne à l'utilisateur la possibilité de thématiser de façon spatiale, les classes issues de l'application du système de cotation DRASTIC.



**Figure 9: Les sept cartes thématiques relatives aux paramètres**  
DRASTIC

6- Concernant le paramètre "R" recharge de la nappe, plusieurs études ont été réalisées (Roche M.A., 1973, etc.), malheureusement, aucune étude n'a quantifié de façon précise jusqu'à l'heure actuelle la valeur de la recharge au niveau du l'atlas Saharien alimentant la nappe. Les résultats obtenus par le bilan hydrique de la région d'étude étant déficitaires, on prend par conséquent la valeur minimale pour le paramètre "R" d'après les cotations DRASTIC et on généralise la même valeur pour toute la région.

L'utilisation du SIG a permis d'obtenir des cartes exprimant la variabilité spatiale de chacun des paramètres, et par conséquent celle de l'indice de vulnérabilité qui leur est associé. Les sept cartes thématiques relatives aux paramètres DRASTIC sont représentées dans la figure 7.

### 1.3. Carte de synthèse (fig. 08):

Cette carte est le résultat de la superposition des sept cartes thématiques relatives aux paramètres DRASTIC. L'indice de

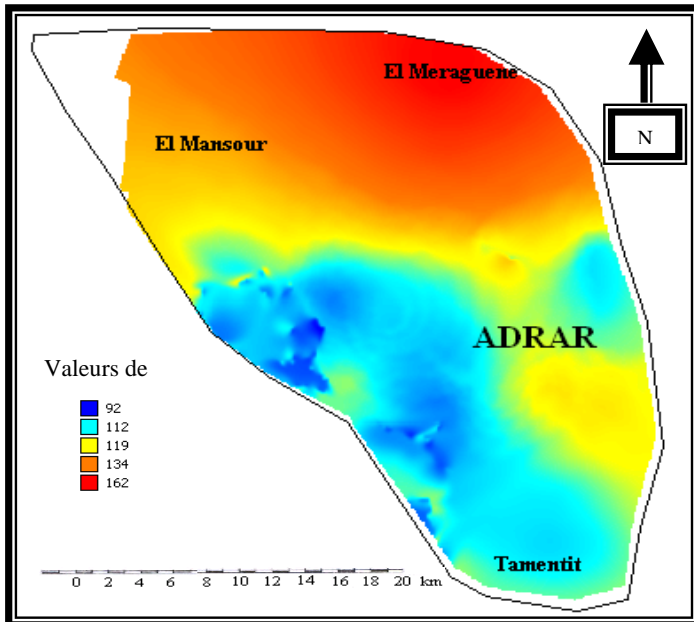


Figure 10 : Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution par la méthode DRASTIC de la région d'Adrar

vulnérabilité est obtenu par la sommation des différentes composantes en utilisant le logiciel Vertical Mapper.

#### 1.3.1. Interprétation de la carte de vulnérabilité:

La carte de vulnérabilité qui découle de l'application de la méthode DRASTIC à la région d'Adrar (chef lieu), permet de délimiter les zones les plus exposées aux pollutions. L'indice de vulnérabilité varie de 92 à 162.

Les plages de vulnérabilité utilisées par le MENVIQ (Ministère de l'Environnement du Québec) sont comme suit.

- $I < 100$  vulnérabilité faible.
- $100 < I < 150$  : vulnérabilité moyenne.



-  $I > 150$  : vulnérabilité forte.

Cette classification, permet de constater la modération de la vulnérabilité de la région étudiée.

Les valeurs les plus significatives de l'indice DRASTIC, sont visibles dans trois zones principales :

1) La première est située au nord de la ville d'Adrar (Meraguen), l'indice de vulnérabilité ici atteint la valeur de 162 (vulnérabilités fortes) la plus importante dans toute la région. Ceci est principalement dû à la présence des sables et gravier qui composent l'aquifère, ajoutés à une nappe proche de la surface du sol (1.5m) plus un relief qui favorise une infiltration plus importante vers la nappe, ce qui explique partiellement l'accroissement de la vulnérabilité à ce niveau.

2) La deuxième se situe au centre de la zone d'étude (commune de Timmi), où l'indice de vulnérabilité atteint la valeur de 119 (vulnérabilité moyenne), due essentiellement à la profondeur de la nappe qui est plus importante qu'au nord de la région, ainsi que de la nature lithologique de la zone non saturée (à dominance argileuse).

3) La troisième se situe au Sud et au sud-ouest de la ville d'Adrar (à côté des formations primaires). L'indice DRASTIC atteint la valeur de 92 (vulnérabilité faible). Ceci est principalement dû à la nature lithologique de l'aquifère qui est à dominances argileuse dans cette zone, à l'apparition de la sebkha (formation imperméable), au contact avec les formations primaires ainsi qu'à l'épaisseur de l'aquifère dans cette zone qui est minimale (faible productivité, nappe biseauté).

### ***1.3.2. Confirmation des résultats (fig. 09-10)***

La comparaison entre la carte de vulnérabilité et la carte des teneurs en Nitrates nous a permis de vérifier la concordance entre les zones très vulnérables et les zones à forte teneur en Nitrates (polluées).

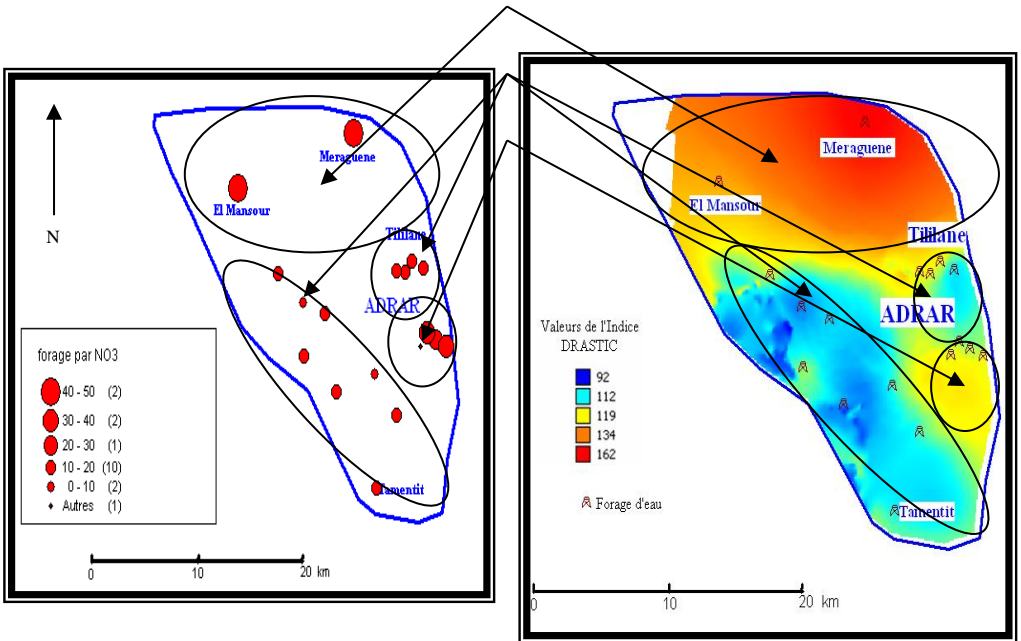


Figure 11 : Carte des teneurs en Nitrate (No<sub>3</sub>) en

Figure 12 : Carte de vulnérabilité des eaux souterraine à la pollution par la méthode DRASTIC de la région d'Adrar

Les zones à fort taux de nitrates se superposent aux zones de fortes vulnérabilités; validant ainsi la carte de vulnérabilité. Dans le secteur Nord à forte vulnérabilité, bien que le taux de nitrates soit pour l'instant faible, une attention particulière doit être portée dans l'aménagement de son espace afin d'y prévenir toute pollution.

## CONCLUSION

Le travail réalisé est une cartographie régionale de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution de la région d'Adrar.

Les résultats obtenus par la méthode DRASTIC appliquée ici, montrent que le territoire présente dans son ensemble trois type de vulnérabilité ; forte, moyenne et faible.

- La première est située au nord de la ville d'Adrar (Meraguen),
- La deuxième se situe au centre de la zone d'étude (commune de Timmi).
- La troisième se situe au Sud et au sud-ouest de la ville d'Adrar (à côté formations primaires).

La comparaison entre la carte de vulnérabilité et la carte des teneurs en Nitrates nous a permis de vérifier la concordance entre les zones très vulnérables et les zones à fortes teneurs en nitrates (polluées). Bien que le taux de nitrates soit pour l'instant faible, une attention particulière doit être portée dans l'aménagement de son espace afin d'y prévenir toute forme de pollution.

Le résultat de cette cartographie constitue un véritable outil d'aide à la décision dans l'aménagement, la gestion et la protection des eaux souterraines pour une sensibilisation des populations aux problèmes environnementaux.

Finalement, l'évaluation de la vulnérabilité donne globalement des résultats utilisables à des fins de gestion au niveau local. Ces résultats pourraient être généralisés à toute la région et sur toute l'extension de la nappe si on constituait un réseau de données et d'information suffisant.

## Références Bibliographique

- [1] Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R. et Hacket, G.: DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution in potential using hydrogeologic settings; United States Environmental Protection Agency, EPA/600/2-87/ 035, 622 p, (1987).
- [2] Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) d'Adrar : données des forages (coordonnées, piézométrie, analyse physico-chimique, coupe lithologique) carte pédologique; (2005).
- [3] Roche M.A.: Hydrogéologie de la haute Saoura (Sahara Nord Occidental). Centre de recherche sur les zones arides, N° 18.Paris, France, 89 p, (1973).
- [4] La Carte Topographique : Mission ALGERIE -1964- NG – 30 XXII –XXIII- XXIV ; Carte du Sahara 1/200 000; feuille d'Adrar NG-30-XXIV.
- [5] [www.unesco.org/oss](http://www.unesco.org/oss). Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), (2003).