

APPLICATION DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE DANS L'EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES – Cas du Bas Chélif -

Abdelbaki C^{*}, Rahmani B^{**}, Kassoul L^{**}

** Maître assistante – Département d'Hydraulique.Faculté des sciences de l'ingénieur. Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen – Algérie.*

☎ : 213 43 28 56 86 / 89 Fax 213 28 60 00 / 213 43 28 56 85

E-mail : abdelbakicherifa@yahoo.fr

*** Département de Biologie – Faculté des sciences de la terre. Université Hassiba Ben Bouali. Chlef - Algérie*

RESUME

De nos jours le problème des ressources en eau mobilisables ne se pose pas uniquement en terme de quantité disponible, la qualité de ces eaux commence à poser de sérieux problèmes.

En effet, la croissance démographique et particulièrement urbaine en parallèle avec le développement socio-économique impose la nécessité de la prise en charge du problème de la qualité des eaux.

Les systèmes d'information géographique représentent un puissant moyen d'analyse, de structuration et de synthèse de données multisources dans un contexte bien défini.

Dans ce sens, ce travail constitue une contribution pour une meilleure connaissance de la qualité des eaux souterraines de la plaine du Bas Chélif par l'application des systèmes d'information géographique.

Mots clés : Système d'information géographique- Pollution – Base de données - Bas Chélif

INTRODUCTION

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenue progressivement une préoccupation mondiale.

En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile.

La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine, déjà en quantité limitée. Actuellement, les cours d'eau de région étudiée reçoivent en permanence les rejets urbains et industriels chargés d'éléments chimiques et organiques, souvent toxiques. Ces substances

polluantes peuvent affecter de façon dangereuse la santé publique, si elle continue à être déversées dans la nature sans traitement préalable.

Le mécanisme de pollution des eaux souterraines est un processus évolutif dans l'espace et dans le temps, difficilement maîtrisable.

Les systèmes d'information géographique permettent d'effectuer une analyse spatiale dans le but d'avoir des cartes de synthèse et de voir clairement la dégradation de la qualité des eaux souterraines du Bas Cheliff.

1. ETUDE DE L'EXISTANT

L'étude de l'existant est la phase de préparation du travail pour la constitution de la base de données, son objectif est de réduire la complexité de l'information initiale en l'organisant pour ne retenir que l'essentiel.

1.1 Présentation du site d'étude

Le bassin du Cheliff est une cuvette intra montagneuse située au Sud-Ouest d'Alger entre 34° et 36° 30' de latitude Nord et 0° et 3° 30' de longitude Est, qui occupe une superficie totale de 44630 km². C'est sa partie Ouest centrée sur la Wilaya de Relizane qui a fait l'objet de notre étude. Elle s'étend de l'Oued Rhiou jusqu'à Oued Mina, elle représente le bas Cheliff et la basse Mina. Cette zone est limitée : au Nord par le massif du Dahra qui forme une barrière assez continue de quelques 70 Km de longueur avec une altitude moyenne de 500 à 700 m ; au Sud par le massif de l'Ouarsenis qui s'étend sur plus de 200 Km, culminant à 1985 m au Djebel Ouarsenis ; à l'Ouest par les massifs de Beni Chougrane et le plateau de Mostaganem et à l'Est par la plaine du Moyen Cheliff.



Fig. 1 : Situation de la région étudiée

Le bassin du Bas Cheliff est constitué d'une dépression inter tellienne allongée de l'Est à l'Ouest, correspondant au Miocène continental tronquée par des surfaces plio - quaternaires.

Les alluvions grossières de la plaine du Bas Cheliff constituent un aquifère important, capté par plusieurs forages. Les nappes contiennent une eau douce, par contre en surface, les formations très fines (argiles et limons) contiennent à faible profondeur des eaux salées.

Le bassin du Bas Cheliff est traversé par l'oued Chélif et s'étale sur une longueur de 800 Km.

La distribution des moyennes annuelles montre une période de pluie qui s'étale d'octobre à mai avec un pic en décembre.

Les températures maximales moyennes oscillent entre 17°C en janvier et 37°C en juillet. Les températures minimales moyennes varient entre 6°C et 20°C.

40 à 50 jours de sirocco par an sont observés. La région est assez aride avec une humidité modérée.

La région étudiée est caractérisée par un climat Méditerranéen avec une saison sèche et chaude en été, et autre pluvieuse et froide en hiver.

1.2 INVENTAIRE DES DONNEES

L'opération d'inventaire consiste à identifier, décrire, localiser, trier et structurer les données relatives au Bas Cheliff.

Pour mener à bien cette tâche, d'importants efforts ont été déployés. Ceci a permis de recueillir diverses informations et documentations de différents organismes, citons :

- Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Relizane
- Direction de l'Environnement.
- Agence du Bassin Hydrographique Cheliff-Zahrez

Les données recueillies sont :

- Fichiers de forages avec leurs caractéristiques
- Fichiers de puits avec leurs analyses physico- chimiques
- Données géologiques et hydrogéologiques du site d'étude.
- Carte géologique, carte hydrogéologique, carte pédologique et la carte de situation de la région d'étude.

1.3 ANALYSE DES DONNEES

L'analyse des données consiste à déterminer les caractéristiques des documents à retenir, pour bien appréhender et supporter la représentation de l'état des eaux souterraines du bas Chélif, car dans un tel projet, il est difficile de définir à l'avance toutes les utilisations possibles et imaginables qui pourraient être faites par le système d'information géographique.

Parmi Les problèmes rencontrés lors de l'analyse des données, on peut citer :

- La totalité des cartes recueillies sont des cartes qui représente l'ensemble du Bassin Hydrographique: le haut, le bas et le moyen Cheliff, la Mina et les hauts plateaux, ce qui nécessite une délimitation du site d'étude. La délimitation se fait selon les préoccupations de chaque secteur : les géologues selon les formations géologiques, l'hydrogéologue selon les formations hydrogéologiques, les agronomes selon les périmètres irrigués... Notre délimitation est basée sur le concept hydrogéologie.
- Absence des analyses physico- chimiques de certains forages
- Absence des caractéristiques dynamiques de quelques puits.
- Absence de quelques paramètres des données hydro chimiques des puits.
- Absence de date d'établissement des cartes.
- Absence de flèche directionnelle du Nord, légende et échelle dans certaines cartes.
- Manque des de points de rejets industriels, agricoles et domestiques dans le secteur étudié.

2. NUMERISATION DES DONNEES

La numérisation consiste à remplacer les traditionnels plans papier et cartes difficiles à manipuler et complexes à mettre à jour par des plans numérisés Cette méthode se révèle la mieux adaptée aux nécessités de notre étude car elle permet de saisir la géométrie des objets graphiques élémentaires : Point (forage), Ligne (cours d'eau) ou Polygone(bassin versant)

Toutes les entités spatiales et leurs données descriptives peuvent être entachées d'erreurs ou d'imprécision.

L'opération consiste à établir le lien entre les données spatiales et descriptives afin de vérifier les erreurs suivantes :

- Les entités spatiales sont parfois mal positionné ou avoir des formes erronées.
- Un polygone non fermé.
- Nœuds dupliqués.

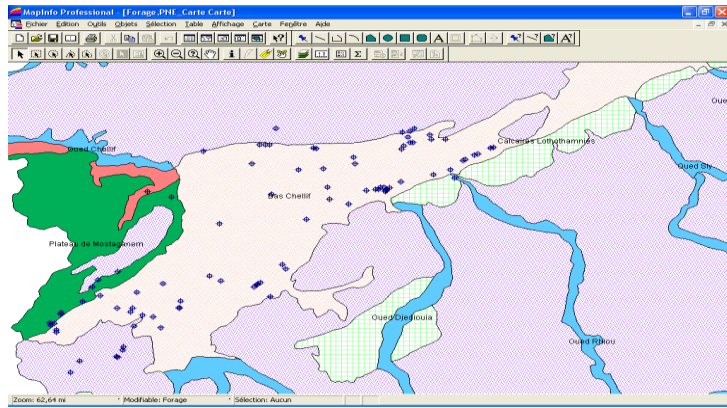


Fig. 2 : Carte Numérisée (Bas Chéelif et points et prélèvements)

3. CREATION DE LA BASE DE DONNEES

Les données telles qu'elles sont recueillies durant l'inventaire et l'analyse ne peuvent être intégrées directement à la base de données. Pour leur intégration, on a procédé à :

- La préparation des données (inventaire et analyse)
- La numérisation et la conversion des données
- L'intégration des données dans la base de données

Les données associées sont organisées sous forme des tables

Les attributs sont introduits champ par champ selon la nature du critère à intégrer (qu'il soit qualitatif : caractère ou quantitatif : entier, flottant, virgule fixe...).

Pour le géoréférencement de notre support cartographique, on a opté pour la projection Lambert de l'Algérie de Nord.

IDPuits	Nom	X	Y	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	CO2	HCO3	NO3	Conductiv	Rés.Σ
1	300/156	282,650	269,100	271	71	495	7	937	264	0	298	70	40	
2	344/156	283,000	267,075	110	67	283	8	463	178	26	181	77	24	
3	351/156	282,950	267,600	108	41	225	6	341	115	18	191	152	19	
4	379/156	295,990	272,300	180	135	529	18	1,015	312	13	363	40	42	
5	650/156	296,075	272,775	381	83	405	10	794	575	0	221	140	40	
6	652/156	297,700	274,600	251	183	495	15	1,083	528	19	262	52	48	
7	670/156	299,050	272,530	240	86	472	9	750	552	13	270	42	38	
8	679/156	298,075	272,775	321	269	633	15	1,441	688	23	383	138	66	
9	674/156	280,625	268,800	74	34	368	4	310	250	0	329	205	24	
10	951/156	284,000	271,800	68	32	175	3	201	115	19	195	100	15	
11	972/156	284,975	271,575	136	44	182	7	351	130	17	201	100	19	
12	18/130	310,351	291,350	160	134	1,126	21	1,799	600	0	267	45	69	
13	195/130	316,126	290,875	200	165	506	5	1,046	360	17	252	47	42	
14	208/130	330,825	291,950	180	205	373	11	985	240	0	331	200	42	
15	227/130	308,000	288,750	160	158	1,472	15	2,195	720	0	357	150	85	
16	253/130	320,425	283,125	240	178	690	11	1,632	264	0	215	80	59	
17	288/130	320,300	285,100	321	258	1,472	12	2,753	684	0	210	38	91	
18	290/130	312,425	292,150	461	199	2,415	30	4,195	960	0	275	4	132	
19	455/130	310,350	282,850	361	412	2,829	12	4,179	2,640	23	345	51	161	
20	471/57	312,825	278,070	120	180	1,185	9	1,619	888	25	348	124	73	
21	661/30	313,125	275,350	130	141	598	9	1,169	240	0	268	25	43	
22	711/156	306,430	274,400	200	108	368	26	596	408	16	0	418	3	

Fig. 3 Structure de la base de données

4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Afin de déterminer le caractère hydro chimique des eaux souterraines du bas Chélif, les données sont analysées durant l'année 1993.

Pour la représentation, on a pris le mois de janvier et le mois de juillet.

Les analyses chimiques des eaux ont été effectuées en différents points de prélèvements dans diverses formations.

La constitution de notre base de données nous permet de formuler un nombre infini de requêtes répondant à diverses interrogations.

A titre d'exemples, les illustrations suivantes sont présentées :

Afficher les puits dont les éléments chimiques dépassent les normes de potabilité pour le mois de juillet 1993.

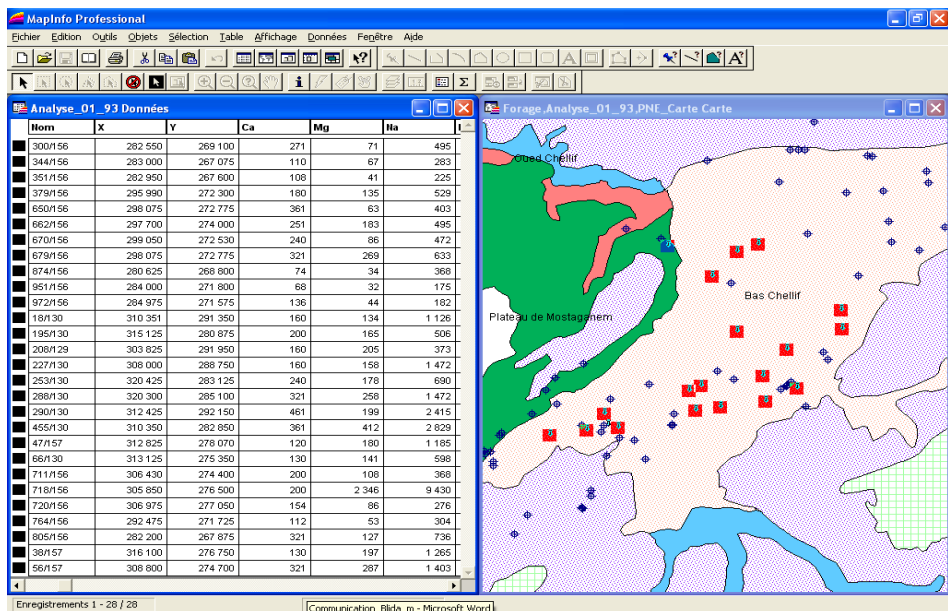


Fig. 4 Représentation sur écran du résultat d'une requête

Les requêtes effectuées ont permis d'avoir une analyse détaillée de la composition de l'eau destinée à alimenter les populations, les répartitions de chaque élément sont données dans ce qui suit :

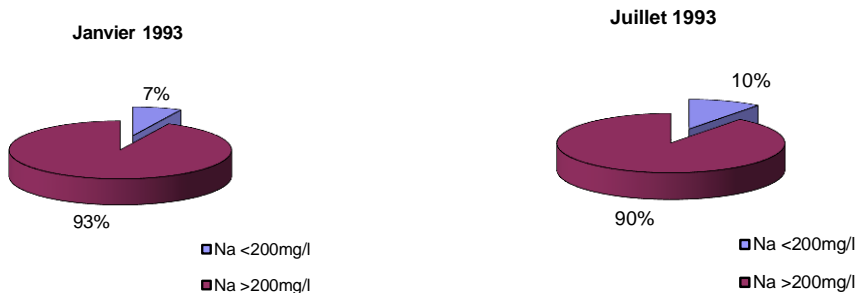
4.1 Répartition ponctuelle de Chlore

Les concentrations des Chlorures pour le mois de janvier varient entre 341 et 7892 mg/l, et entre 310 mg/l et 5126 mg/l pour le mois de juillet.

Les teneurs en chlorures dépassent la norme admise par l'OMS (250mg/l) dans tous les points de prélèvements. Ces teneurs sont liées principalement à la nature salifère des terrains traversés. S'ajoute à cela le lessivage superficiel en cas de fortes pluies, et l'influence des rejets industriels, et enfin l'apport excessif de l'eau de Javel déversée dans les eaux de puits.

La présence du sol de texture argilo-limoneux argileuse de caractère salin net on profondeur qui renferme du chlore provoque une augmentation des teneurs en chlorures par la présence des eaux souterraines qui traversent ses formations jusqu'aux puits.

4.2 Répartition ponctuelle de Sodium



Le Sodium est originaire des formations géologiques contenant du Chlore et de Sodium.

Les teneurs en Sodium varient entre de 175 et 9430 mg/l pour le mois de janvier et entre 198 et 3036 mg/l pour le mois de juillet. La teneur limite envisagée par l'OMS est de 200 mg/l.

On remarque que dans la totalité des points de prélèvements, et pour les deux périodes, les teneurs en Sodium dépassent les normes de potabilité avec une différence dans la concentration de l'élément d'une période à l'autre, cette différence est due au phénomène d'infiltration qui participe dans l'émigration de l'élément de Na dans les profondeurs.

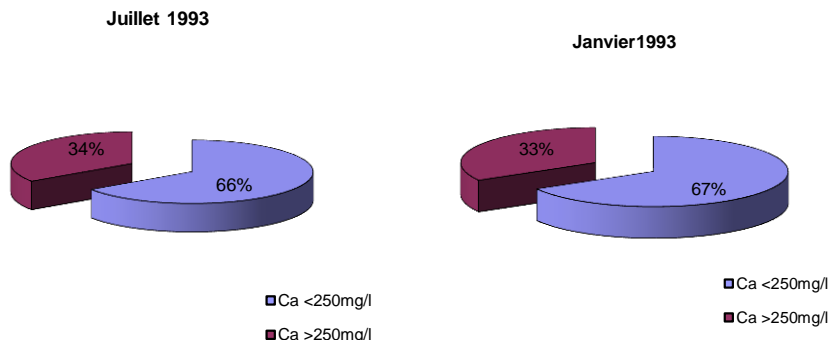
Parmi les causes de la présence du Sodium on site :

- Altération des minéraux des roches sédimentaires.
- Lessivage et solution des minéraux sédimentaires tels que le Na Cl
- Salinisation des sols cultivables et des eaux des nappes peu profondes dans le climat sec et chaud.
- Foyers de pollution tels que les dépôts de déchets solides et des rejets liquides, domestiques et industriels.

4.3 Répartition ponctuelle de Calcium

Le Calcium est un élément parmi les plus répandu dans l'écorce terrestre, il existe habituellement dans toutes les eaux souterraines où souvent, il est le cation prédominant.

Les teneurs en Calcium s'échelonnent entre 68 et 461 mg/l en mois de janvier et entre 64 et 441 mg/l en mois de juillet. Les concentrations de cet élément sont presque les mêmes dans les deux périodes, et dépassent généralement la limite admise par l'OMS (250 mg/l).

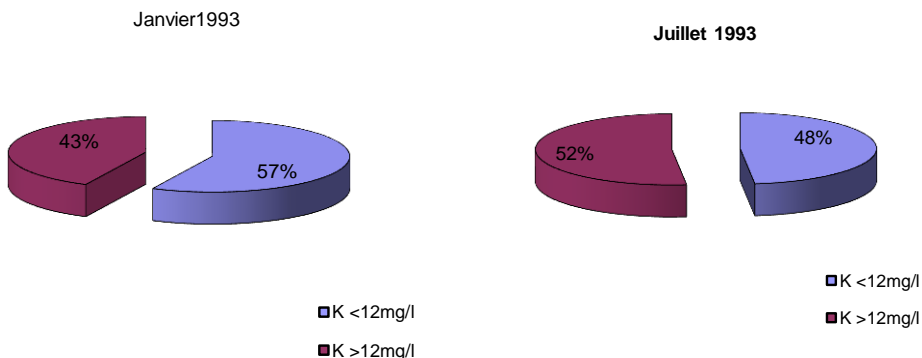


Les sources de Calcium dans les eaux souterraines sont :

- L'altération des minéraux contenant le Ca, très répandus surtout dans les roches sédimentaire, tels que : calcite, gypse...
- L'altération des roches calcaires, en présence du CO₂ de l'eau fourni le calcium en donnant la composition bicarbonate calcique.
- Les échanges ioniques entre les minéraux contenant le sodium Na⁺ conduisent à la libération du calcium, qui passent dans l'eau souterraine.
- Une certaine quantité de calcium dans l'eau souterraine est fournie par la décomposition de la matière organique.
- Enfin peut être fourni avec les apports des précipitations dès la surface du terrain par les engrais ou bien les rejets des eaux usées.

4.4 Répartition ponctuelle de Potassium

Les concentrations en Potassium, pour le mois de janvier, varie entre 3 et



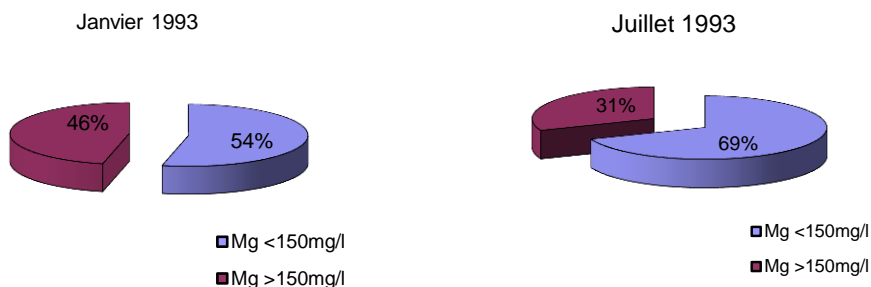
87 mg/l, et pour le mois de juillet entre 3 et 59 mg/l. La teneur limite envisagée par l'OMS est de 12 mg/l.

Le Potassium est l'élément le moins répandu dans les eaux souterraines. Il accompagne le sodium mais en concentration beaucoup plus faible.

Les principales sources du Potassium sont :

- Les minéraux des roches sédimentaires soumises à l'altération.
- Les engrais contenant le Potassium.
- Les déchets et les eaux usées domestiques et industrielles.

4.5 Répartition ponctuelle de Magnésium

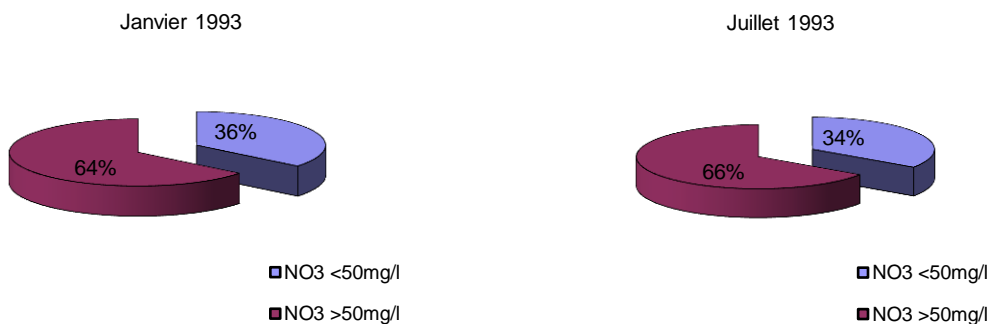


Les teneurs en Magnésium varient entre 32 et 469 mg/l pour le mois de janvier et entre 21 et 709 mg/l pour le mois de juillet. La teneur limite envisagée par l'OMS est de 150 mg/l,

Le magnésium accompagne le Calcium dans l'écorce terrestre, il est aussi répandu mais pas aussi mobile. On le trouve dans les argiles reformes les dépôts salins ou dans des carbonates.

Son abondance géologique et son large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes dans les deux périodes.

4.6 Répartition ponctuelle des Nitrates



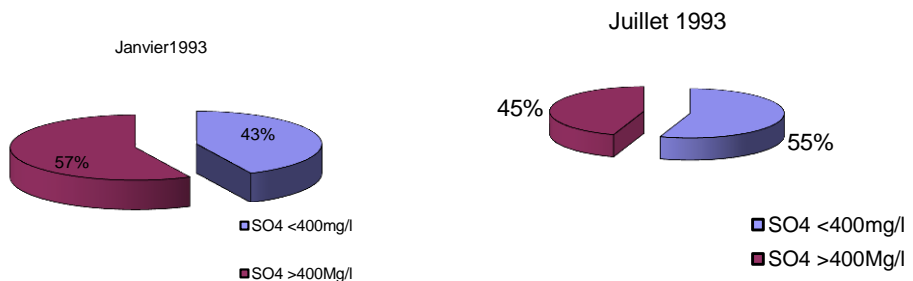
Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrates...) sont susceptibles être à l'origine des Nitrates. L'azote est un élément chimique indispensable au développement et l'entretien de la vie.

La teneur limite envisagée par l'OMS est de 50 mg/l. Dans les eaux souterraines du Bas Cheliff, les teneurs en Nitrates varient entre de 4 et 418mg/l pour le mois de janvier et entre 5 et 180mg/l pour le mois de juillet.

Ces Nitrates sont apportés soit par les engrais, soit par la matière organique enfouie dans le sol (résidu des précédentes récoltes, humus...), cette dernière ne fournit des nitrates qu'après avoir subi une transformation appelée minéralisation.

En plus du développement des élevages, une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais et les fumiers. Les rejets des collectivités et occasionnellement de certaines industries peuvent eux aussi concourir à l'enrichissement significatif des nitrates dans les nappes souterraines.

4.7 Répartition ponctuelle des Sulfates



Les tenures en Sulfates varient entre de 115 et 2640mg/l pour le mois de janvier et entre 91 et 2640 mg/l pour le mois de juillet.

La teneur limite envisagée par l'OMS est de 400 mg/l.

La source principale des Sulfates dans les eaux souterraines est l'ensemble des minéraux contenant le Soufre dans les roches sédimentaires. Les Sulfates passent dans l'eau par solubilité des minéraux et lessivage des roches.

D'autres sources de Sulfates sont :

- Infiltration des précipitations enrichies en composés gazeux de Soufre.
- Les rejets des égouts industriels et domestiques ainsi que les dépôts des déchets par lessivage.

Les résultats montrent que la totalité des paramètres ou éléments chimiques dépassent les concentrations limitées de l'eau potable admises par l'OMS.

CONCLUSION

La grande densité de données nous a conduit à établir un nombre infini de requêtes, ces dernières consistent à trier, grouper et afficher les données d'une base de données selon différents critères.

Les cartes obtenues pourront servir à déterminer les puits destinés à l'alimentation en eau potable. Elles peuvent être utilisées pour l'aménagement du territoire pour la sélection des zones propices à l'enfouissement des déchets, à l'implantation d'industries potentiellement polluantes.

Les résultats des requêtes montrent que les eaux de la plaine du bas Chélif sont en majorité de nature hors normes de potabilité.

L'origine de cette composition est en majorité liée à la nature géologique de la région, néo moins les activités agricoles, industrielles et surtout les rejets des eaux usées déversées directement dans les oueds, participant eux aussi par un apport non négligeable dans la composition chimique des eaux souterraines de la zone étudiée.

Les systèmes d'information géographique permettent de créer et de manipuler les données géographiques pour faire face à plusieurs problèmes. Ils constituent un moyen performant pour l'acquisition et la gestion des données liés à la dégradation de la qualité des eaux souterraines.

On doit apporter une attention particulière au problème de la dégradation de la qualité des eaux souterraines si on veut maintenir et améliorer la qualité de ces dernières.

Enfin, ce travail ne constitue qu'un maillon de l'ensemble de la chaîne, qui traite les problèmes liés à l'exploitation des ressources hydriques d'une manière générale et en particulier le phénomène de pollution à l'échelle des sous bassins.

Références bibliographiques

- (1) ABDELBAKI C., CHIKH M., BENHAMOUDA F., 1999, Contribution à la gestion d'un réseau d'Alimentation en Eau Potable à l'aide d'un Système d'Information géographique – Application à la ville de BIRTOUTA, 1^{er} Séminaire International sur la gestion des villes, M'sila, Algérie.
- (2) ABDELBAKI C., CHIKH M., BENHAMOUDA F., 2000, Contribution à l'élaboration d'un modèle conceptuel de données du réseau d'A.E.P de BIRTOUTA, 1^{er} Colloque Méditerranéen sur l'eau et l'environnement, Alger, Algérie.
- (3) ABDELBAKI C., CHIKH M., BENHAMOUDA F., 2001, La gestion du réseau d'Alimentation en eau potable de la ville de Birtouta à l'aide d'un

- système d'information géographique, Séminaire National sur l'eau, Tlemcen, Algérie.
- (4) ABDELBAKI C., CHIKH M., BENHAMOUDA F., 2002, Création de la base de données du réseau d'Alimentation en eau potable de la ville de Birtouta – Wilaya d'Alger - Algérie, Colloque International sur l'Eau, Chlef - Algérie.
 - (5) ABDELBAKI C., 2002, Les systèmes d'information géographique : Outils de gestion des réseaux urbains, Symposium de la V^{ème} Conférence Internationale sur les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication, Mostaganem - Algérie.
 - (6) ABDELBAKI C., 2002, Les systèmes d'information géographique : Outils de gestion des réseaux Assainissement, 2^{ème} Séminaire National sur les Ressources en Eau, Mascara - Algérie.
 - (7) ABDELBAKI C., Habi M., BENMANSOUR A., 2003, Création de la base de données des points d'eau du groupement Urbain de Tlemcen, Séminaire National sur l'Eau et L'Environnement, Bechar - Algérie.
 - (8) ABDELBAKI C., 2003, Les systèmes d'information géographique : Outils de gestion des réseaux d'Alimentation en eau potable, 3^{ème} Séminaire National sur les Ressources en Eau, Saida - Algérie.
 - (9) ABDELBAKI C., HARBOUCHE L., HADJ ATTOU F., 2004 , « Application des Systèmes d'Information Géographique dans l'évaluation de la qualité eaux souterraines – Cas du moyen Chellif , Colloque Euro-Méditerranéen sur les espaces montagnards, Tlemcen, Algérie.
 - (10) ABES B, 2000 : « Notice explicative de la carte de vulnérabilité à la pollution des aquifères du Bas Cheliff, ABH CZ.
 - (11) BOUDJLIDA Nacer, 1999 : « Bases de données et système d'information, le modèle relationnel ; langage ; système et méthodes ». Edition Dunod, Paris.
 - (12) BRANOLEIS Pierre, 1992 : « Le dictionnaire de l'informatique ». Edition Dunod. Paris.
 - (13) CASTANY.G, 1982 : « Principes et méthodes de l'hydrogéologie ».Edition Dunod Paris.
 - (14) COLLET.C, 1992 : « Système d'information géographique en mode image ».
 - (15) COURT Laurence, «Le coût économique et social de la pollution de l'eau». Edition TEC & DOC. Paris.
 - (16) DANIEL Martin, 1981 : « Base de données : méthodes pratiques sur maxi et mini-ordinateurs ». Edition Dunod informatique Paris.
 - (17) DELOBEL C, ADIBA M, 1982 : « Base de données et systèmes relationnels ». Edition Dunod informatique Paris.

- (18) FAIRIE Claude, FERRER Christiane, MEDIORIE Paul, 1984 : « Ecologie ». Edition J.B.Baillere. Paris.
- (19) GAUJOUS.D, 1995 : « La pollution des eaux aquatiques, aide-mémoire » Edition TEC &t DOC Paris.
- (20) GENY Pierre, WAECHTER Pierre, YATCHINOVESKY Andre, 1992 : « Environnement et développement rural ». Edition FRISON ROCHE. Paris.
- (21) GENY.P,WAECHTER.P,YATCHINOVSKY.A ,1992 : « Environnement et développement rural ». Edition FRISON-ROCHE France.
- (22) GUILLEMIN.C, ROUX J, 1990 : « Pollution des eaux souterraines en France » Edition du PRGM France.
- (23) LECOMTE.P, 1995, « Les sites pollués : Traitement des sols et des eaux souterraines » Edition TEC & DOC Paris.
- (24) PHAM THU QUANG, CYRILLI CHARTIER-KASTLER, 1993 : « Merise appliquée ». Edition Eyrolles Paris.
- (25) PONON Henri, () : « Les systèmes d'informations géographiques : Mise en œuvre et application ». Edition HERMES France.
- (26) RAMADE François, 1989 : « Eléments d'écologie ». Edition ISBN. Paris.
- (27) ROUET.P, 1993 : « Les données dans les systèmes d'information géographique ». Edition HERMES, Paris.
- (28) TOUILEB.M, 1997 : « Méthode Drastic et de systèmes d'information géographique pour l'évaluation et la cartographie de la vulnérabilité des nappes souterraines à la pollution : Cas de la Mitidja-Est ». Thèse de Magister, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique - Blida.