

ETUDE DE LA VARIATION SPATIALE DE LA SALINITE DES TROIS NAPPES
SOUTERRAINES EXPLOITEES DANS LA CUVETTE D'OUARGLA*LACHACHE A, BOUDJENAH -HAROUN S.*

Université Kasdi Merbah de Ouargla, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,
Laboratoire de la recherche sur la Phoeniciculture, Ouargla 30000, Algeria

Résumé. La cuvette d'Ouargla renferme d'importantes réserves d'eaux. Celles-ci sont issues de deux grands systèmes aquifères connus au Sahara Algérien ; Le Complexe Terminal (CT), regroupant les nappes du Mio-Pliocène et du Sénonien et le Continental Intercalaire (CI) qui est représenté par la nappe de l'Albien. Ces trois nappes se distinguent par leur profondeur et leur formation géologique. L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux de ces aquifères depuis le forage jusqu'au foyer, à travers une analyse physico-chimique et microbiologique. A cet effet cinq (5) forages ont été étudiés. Les résultats obtenus nous ont permis de situer la qualité des eaux échantillonnées par le dosage des éléments majeurs, directement impliqués dans la minéralisation des eaux et d'identifier les principaux processus qui contrôlent les variations chimiques de ces eaux. Les résultats des analyses ont révélé aussi que ces eaux sont très minéralisées et caractérisées par une dureté permanente élevée dépassant les normes préconisées par l'OMS. En revanche, La potabilité de ces eaux a été décelée par l'absence des germes pathogènes.

Mots clés : Salinité, Eaux potables, Sahara, Forage, Aquifères

INTRODUCTION

La composition chimique des eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés expliquant ainsi des salinités différentes en quantité et en qualité d'une région à l'autre.

Comme l'eau est un élément essentiel à l'existence humaine, chaque individu en consomme 1,5 L par jour, il est donc évident que ses qualités physiques, chimiques ou bactériologiques peuvent affecter la santé.

A Ouargla, le climat aride caractéristique de la région n'a pas empêché l'existence d'importantes ressources en eaux souterraines inversant la fameuse théorie racontant la rareté des eaux dans ces zones et qui étaient et depuis très longtemps synonymes du mot « désert ». (**BONTOUX. 1993**).

L'eau est la source courante potentiellement la plus importante de maladies infectieuses, et sa purification est l'unique mesure permettant d'assurer la santé publique. Les méthodes les plus fréquemment employées pour déterminer la qualité de l'eau dépendent de techniques microbiologiques normalisées.

Comment assurer, en routine, que l'eau potable est sans danger? Lorsque les eaux souterraines sont l'unique source pour l'approvisionnement en eau potable dans cette région, et que leur qualité chimique est mauvaise (salinité et dureté élevée). Même l'eau d'apparence limpide et propre peut être contaminée par les microorganismes pathogènes et se poser de sérieux risques pour la santé. Malheureusement, il est impossible de passer au crible d'eau pour détecter tous les organismes pathogènes susceptibles d'être présents, et d'ailleurs quelques microorganismes non pathogènes sont en général tolérables, et même inévitables, dans un circuit de distribution. Il est cependant possible d'analyser l'eau distribuée pour y rechercher la présence de certains groupes de microorganismes pouvant compter des pathogènes. (**MADIGAN. M et al, 2007**). Ses propriétés physiques et chimiques font de l'eau le solvant le plus utilisé ; elle peut en effet dissoudre de nombreux composés minéraux et organiques. Selon leur

origine, leur composition chimique, leurs qualités biologiques, leurs traitements, leurs utilisations, il existe différentes catégories d'eau. (RICHERD, C, 1996).

Pour la réalisation de nos expériences, nous avons utilisé des échantillons prélevés à partir de différentes nappes qui alimentent la wilaya d'Ouargla en eau potable (Albienne, Sénonienne, Mio-pliocène).

I. MATERIEL ET METHODES

Les forages que nous nous sommes proposés d'étudier sont au nombre de cinq (05). Ils sont répartis de la façon suivante :

- 02 forages de la nappe Mio-Pliocène, (forages de Bahmid et de l'Université)
- 02 forages de la nappe Sénonienne (forages de Hadji et de Gharbouz)
- 01 forage de la nappe Albienne (forage d'El Hadeb II)

Ces forages sont choisis en fonction de leur exploitation, leurs caractéristiques sont regroupées dans le tableau I.

Parmi les paramètres physico-chimiques et chimiques analysés dans notre étude figurent :

Tableau I : Caractéristiques des forages échantillonnés

Forages	Mises en service	Profondeur	Aquifère capté	Nature de l'aquifère
El hadeb II	1986	1400	Albien	Gypseu-argileux
Gharbouz	1991	185	Sénonien	Calcaire
Bahamid	1960	76	Moi-pliocène	Gypseu-argileux sableux

I-1 Les méthodes utilisées pour les analyses physico-chimiques

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Le matériel de prélèvement doit faire aussi l'objet d'une attention particulière.

Pour notre part, les échantillons destinés aux analyses physicochimiques sont prélevés dans des flacons en plastiques en raison des facilités qu'ils présentent pour leur transport et de la possibilité de leur usage unique étant donné leur prix compétitif. (EDELIN, 1988)

Ces flacons sont traités pendant 24 h à l'acide nitrique dilué au 1/10, égouttés puis rincés à l'eau distillée.

Un deuxième lavage est pratiqué avec de l'acide nitrique dilué au 1/3, il est suivi d'un rinçage à l'eau distillée jusqu'à cessation de toute acidité.

Avant qu'ils soient remplis de l'eau à analyser, ces flacons sont rincés trois fois par cette dernière.

Comme les prélèvements subissent généralement une attente au laboratoire avant la mise en route analytique, l'emploi des adjuvants de conservation est nécessaire.

Les méthodes d'études physico-chimiques que nous avons utilisées sont des méthodes classiques (RODIER, 1984).

I-2 Les méthodes utilisées pour les analyses bactériologiques

Les prélèvements sont effectués dans des flacons, bien propres en verre borosilicate stérilisés (au four pasteur 180° C pendant 30 min) au préalable, rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, les récipients sont remplis complètement. (GUIRAUD, 1998).

Le contrôle bactériologique d'une eau potable devrait logiquement consister à rechercher les germes pathogènes qu'elle pourrait contenir. C'est une opération très difficile à mettre en œuvre en raison du nombre d'analyses à réaliser et de leur coût. Mais il existe une alternative réaliste à cette situation : la recherche des indicateurs de contamination fécale. Plusieurs germes indicateurs sont proposés et recherchés dans le cadre de protocoles techniques rigoureusement normalisés. Chacun d'eux est porteur d'une signification particulière mais pris dans leur ensemble ils offrent des informations complémentaires satisfaisantes pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau. (BOUSSEBOUA. H, 2002).

I-3 Dosage de chlore résiduel

Le chlore et ses dérivés sont aujourd'hui largement utilisés pour la désinfection des eaux mais aussi pour le contrôle du niveau de contamination microbiologique. Le taux de chlore dans l'eau est de 0.2 à 0.5 mg/l et peut arriver jusqu'à 0.8 mg/l.

-Le test de dosage de chlore est basé sur la méthode au **DPD**.

-Le chlore libre réagit avec le **DPD** dans une solution tampon et produit une couleur rose. (FIGARELLA et al. 2002).

II - RESULTATS

Les résultats de toutes les analyses physico-chimiques des trois nappes exploitées dans la cuvette d'Ouargla et leur comparaison entre le forage et le foyer sont consignés dans le tableau II.

Tableau II: Composition chimique des trois nappes destinées à l'AEP dans la région d'Ouargla : entre forage et foyer

Renseignements fondamentaux		Nappe : Moi – pliocène Désignation : Bahamid				Nappe : Albienne Désignation : El- hadeb II				Nappe : Sénonienne Désignation : Gharbouz			
Eléments et paramètres		Forage		Foyer		Forage		Foyer		Forage		Foyer	
Paramètres physico-chimiques	T (°C)	26		27		52		44		26		27	
	Ph	7.55		7.61		7.42		7.46		7.7		7.72	
	C-E (µ/cm)	3890		390.1		1852		1837		2810		2840	
	M-G (mg/l)	2952.5		2960.8		1405.7		1394.3		2133		2155	
Eléments	Cations	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)
	Ca ⁺⁺	237.7	11.86	11.52	170	8.48	169	8.43	210.4	10.49	204	10.18	
	Mg ⁺⁺	120.4	9.9	9.82	107.2	8.82	107.2	8.82	83.9	6.9	83.75	6.89	
	Na ⁺	400	17.4	17.95	250	10.87	251	10.91	310	13.48	331.7	14.42	
	K ⁺	39.1	1	1	40	1.02	40	1.02	22.55	0.56	22.6	0.57	
	∑Cations (meq/l)	40.16		40.29		29.19		28.56					
dissous	Anions	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)	(mg/l)	(mq/l)
	Cl ⁻	702	19.8	20.2	450	12.8	448	12.63	499.9	14.10	518.2	14.6	
	So ₄ ⁻	790	16.45	16.37	640	13.32	637	13.26	696.5	14.5	695.6	14.48	
	HCO ₃ ⁻	125	2.04	1.98	148	2.42	147	2.40	110	1.8	108.7	1.78	
	NO ₃ ⁻	7	0.22	0.1	4	0.12	3.5	0.11	7	0.11	7	0.11	
	CO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	∑anions (meq/l)	38.51		38.65		28.55		28.4		30.51		30.97	

	Pourcentage d'erreur (%)	2.1	2.7	2.24	1.46	1.48	1.75
	CO ₂ libre (mg/l)	6	4	9	8	5	4
	SiO ₂ (mg/l)	9	8	4	2	10.1	9.9
Autres paramètres (°F)	TH	108.8	106.7	86.5	86.25	86.95	85.35
	TAC	10.2	9.93	12.13	12.04	9	8.5
	TA	0	0	0	0	0	0

1-Analyses physico-chimiques

pH : La valeur du pH varie dans tous les échantillons analysés de 7,41 à 7,94, elle est donc conforme aux normes. Sa variation est liée principalement au contact de la chaux présente dans le sol au niveau de la zone de pompage d'après Endré Dupont (1982)

La conductivité électrique : Les eaux de tous les sites étudiés présentent des conductivités électriques supérieures à 2000 µs/cm. La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'ensuire l'évolution. L'intérêt d'une série de détermination successive de la conductivité électrique est de permettre de déceler la variation de la composition de l'eau et par conséquent donner une information importante sur sa qualité.

Minéralisation globale :

D'après la classification adoptée par l'OMS, ces eaux analysées sont très minéralisées et dépassent la norme (1000 mg/l) en raison de leur forte salinité, en effet les forages présentent un taux élevés de la salinité admettent une conductivité électrique élevée. Selon **J.Rodier** les eaux très minéralisées semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme est surtout de l'enfant cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes.

2-Analyses chimiques

Le Calcium : La teneur en calcium dans les eaux échantillonnées est inférieure à la norme qui est 200 mg/l selon l'OMS. La plus faible teneur est remarquée dans les eaux de HDEB II, ceci est dû selon Rodier à une précipitation de carbonate de calcium à l'émergence causée par la perte de CO₂. Le calcium est un élément indispensable au corps humain, mais sa présence avec un taux élevée est nuisible et indésirable pour les consommateurs.

Le Magnésium : La teneur en magnésium est supérieure à la norme dans les eaux de Miopliocène et Sénonien, tandis qu'elle répond aux normes dans celle de l'Albien (50-150 mg/l selon l'OMS). La teneur élevée du Magnésium est liée à sa présence dans la composition des argiles qui constituent des formations imperméable et semi-perméable des toits et /ou des murs des horizons renfermant les nappes. D'après Rodier cet élément ne présente aucun danger sur le plan sanitaire par contre il peut communiquer un goût amer à l'eau à partir de 100 mg/l.

Le Sodium : Les eaux analysées présentent un excès en sodium. Ceci est lié principalement à la dissolution des sels minéraux en particulier celle du chlorure de sodium. Ce métal n'étant pas toxique pour un être humain sain (jusqu'à 10 g/l), il doit cependant être recommandé d'éviter de dépasser la norme pour les personnes souffrant d'hypertension ou d'insuffisance cardiaque.

Le Potassium : Le potassium dépasse la norme dans les eaux de N'Goussa, son excès est plus important dans les eaux de HDEB II. Il peut avoir comme origine, le lessivage des engrais potassiques sur les sols pauvres en humus. La présence du potassium est liée à la lithologie de la région étant donné que cet élément entre dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologiques. (**NAYARANA et all, 1989**)

Les Chlorures : La teneur en chlorure est hors la norme dans toutes les eaux. Cette teneur dépend de celle des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et des métaux alcalino-terreux (Ca^{2+} , Mg^{2+}) auxquels ils se trouvent associés sous forme de sels solubles et puisque 3/4 de ces éléments se trouvent en excès dans l'eau, ce qui a pour conséquence l'augmentation de leur. Leur propriété lessivant fait qu'ils soient présents dans toutes les eaux. Leur principale inconvénient est la saveur désagréable qui communique à l'eau surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium, le cas de l'ensemble de nos forages. Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé sauf pour les personnes devant suivre un régime hyposodé.

Les Sulfates : Dans les eaux analysées les sulfates présentent une teneur variant de 632 à 983 mg/l, ce qui dépasse la norme qui est de 400 mg/l. Leur présence est due essentiellement à la dissolution des gypses et surtout lorsque le temps de contact avec les roches est élevé.

Toute fois, d'un forage à un autre, cette teneur est variable ceci s'explique par la lithologie gypseuse de la région. Sur le plan sanitaire et en dehors du goût désagréable communiqué à l'eau, ainsi que les diarrhées infantile on peut également signaler certain effet laxatifs des sulfates en particulier s'ils sont associés au magnésium et au sodium (EL HAIK, 1989).

Dureté TH : Les teneurs de la dureté, sont très élevées par rapport aux normes (50°F) dans l'ensemble des forages. A noter qu'une eau dure est aussi potable qu'une eau douce. (VALIRON, 1991)

Cependant deux inconvénients peuvent se présenter et nécessitent un adoucissement : la réaction avec les savons et la précipitation sous forme de carbonate de calcium dans les bouilloires par exemple. L'augmentation de la dureté est liée essentiellement aux terrains calcaires et gypseux. (GERMAIN, 1976). En se basant sur les deux paramètres dureté et minéralisation relativement faibles nous pourrions sélectionner la nappe albienne comme étant la meilleure nappe pour l'alimentation en eau potable (tableau III)

Tableau III: Classement des nappes d'après la dureté totale et la minéralisation globale

Nappe	Dureté (°F)	Minéralisation (mg/l)
1- Albienne	86,5	1404,8
2- Sénonienne	84-90	1623-2131
3- Mio-pliocène	107-108	2248-2404

3- Les analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau prélevés à partir de différentes nappes destinées toutes à la consommation humaine sont portés par le tableau IV

Tableau IV : résultats des analyses bactériologiques des échantillons de différentes nappes

Paramètres bactériologiques	Albien	Sénonien	Mio-pliocène	N.A
Germes totaux A 37°C et 22°C	00	00	00	00 UFC/ml
Coliformes totaux	00	00	00	00 ge /100ml
Coliforme Fécaux : <i>E.Coli</i>	00	00	00	00 ge /100ml

Streptocoques fécaux	00	00	00	00 ge /100ml
Clostridium-sulfito Réducteur	00	00	00	00 spores/100 ml
Salmonella	00	00	00	00 ge /100ml
<i>vibrio cholérique</i>	00	00	00	00 ge /100ml
<i>légionnel</i>	00	00	00	00 ge /100ml

4- Contrôle des taux du chlore dans l'eau de foyer

Les résultats de chloration des différents échantillons prélevés par la méthode DPD sont représentés dans le tableau V

Tableau V : Les résultats de chloration des différents échantillons prélevés par la méthode DPD effectué au labo au moment du prélèvement

Nappe	Albienne	Sénonienne	Moi-pliocène
Forage	+	+	+
Foyer	+	+	+

IV- CONCLUSION

- D'après les résultats bactériologiques, On note l'absence totale de coliformes fécaux (représentés par l'espèce indicatrice *E.coli*), ainsi que l'absence d'anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) et de salmonelles, dans l'ensemble des échantillons prélevés, d'origines différentes, destinées à la consommation humaine. Les résultats écartent une contamination bactériologique de ces eaux.

- Les eaux souterraines et les eaux de foyer de la région de Ouargla sont bactériologiquement potables.

- Le test de chloration appui ces données, effectivement, l'eau de forage et de foyer ressort avec un taux de Chlore qui témoigne d'un traitement de désinfection appliquée à une eau de distribution.

-Par ailleurs, la majorité des paramètres dosés dépassent les normes préconisées par l'OMS. - La salinité de ces eaux varie de 1505 à 2918 mg/l, de ce fait, elles sont classées comme eaux légèrement saumâtres.

- D'après leur dureté variant de 84 à 109 °F, ces eaux sont classées très dures.

- Les chlorures et les sulfates sont les anions les plus dominants et pour les cations, ce sont le calcium et le sodium qui le sont.

- Les résultats analytiques montrent que la nappe albienne est relativement meilleure à cause de sa salinité et de sa dureté moins élevées.

V- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BONTOUX. 1993. Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, qualité et santé. 2ème Edition de Cebedoc éditeur liège Paris, 173 p.

BOUSSEBOUA. H 2002. Eléments de microbiologie générale, Ed. De l'université Mentouri Constantine. Ed. Pearson Education, France (onzième édition), pp 917-933.

FIGARELLA. J et LEYRAL. G. 2002. Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. France, 360 p.

GEMAIN L., COLAS L., ROUQUET J, 1976. Le traitement des eaux, Paris.

- GUIRAND. J. P. 1998.** Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris. 652 p.
- GUIRAUD. J. P et ROSEC. J. P.2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire, Ed. AFNOR, paris. 300p.
- MADIGAN. T . Michael et MARTINKO. M. John. 2007.** Biologie des microorganismes.
- NAYRANA A.C., SURESH G .C. 1989.** Chemical quality of ground water of Mangalore city, karnakata ,Indian J. Environ, HLTH., vol 31 n°228-236;
- O.M.S. 1986.** Directives de qualité pour l'eau de boisson VOL 2 : autres d'hygiène et consommation à l'appui. Genève, 291p.
- RICHERD. C. 1996.** Les eaux, bactéries, les hommes et les animaux. Paris, 115p.
- RODIER. 1984.** Analyse de l'eau. 8^{ème} édition Dunod. Paris, 1362 p.
- RODIER. J et COLL. 2005.** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de la mer) ,8^{ème} édition Dunod. Belgique.
- VALIRON F . 1991.** L'utilisation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable, compte rendu du séminaire des 23- 24 janvier1991 à Fontainebleu, hydrogéologie, n°2, p.141-145