

Classification Hydrochimique Et Statistique Des Eaux Minérales Embouteillées En Algérie

Sayad Lamine ⁽¹⁾, Bourouga Moncef ⁽²⁾, Bouarata Mohamed Saleh⁽¹⁾, Chaabani Sabrina⁽¹⁾ and Louati Brahim⁽³⁾ *Belksier Mohamed Salah*⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Département de géologie, Université BADJI Mokhtar-Annaba

⁽²⁾ Laboratoire ressources en eau et développement durable, Université BADJI Mokhtar-Annaba

⁽³⁾ Laboratoire de recherches géologiques, Université BADJI Mokhtar-Annaba

⁽⁴⁾ Département de Géologie Université Kasdi Merbah-Ouargla

sayadlamine@yahoo.fr

Abstract— Natural mineral water is characterized by its underground and protected origin, sound microbiology and stable mineralization, which can give it beneficial health effects. The object of this study is the physico-chemical characterization and classification of non-gaseous mineral water bottled and marketed in Algeria, by analyzing the characteristic ratios of the major elements, The analysis of the Piper, Stabler, Ascending Hierarchical Classification, (AHC) and Principal Component Analysis (PCA) analysis allowed to characterize the mineral water from bottled sources in Algeria, to identify Many chemical facies and contribute to the establishment of classification of these different bottled waters.

Using multivariate techniques in combination with empirical and graphical techniques, a dominant facies is the Bicarbonate calcium and magnesium facies for mineral waters and spring water.

Key-Words— Bottled non-carbonated mineral water, Chemical facies, Piper Stabler, AHC, PCA, Algeria

I. INTRODUCTION

Favorisé par des mesures d'encouragement à l'investissement initiées par les pouvoirs publics, le secteur de l'eau conditionnée en Algérie a vécu ces dernières années un développement exceptionnel. Ce développement s'est concrétisé par l'implantation de dizaines d'unités d'exploitation de production des eaux conditionnées à travers l'ensemble du territoire national [1] Ainsi la production nationale des

eaux embouteillées, arrive à satisfaire 98 % du marché. A travers ce développement de consommation, les pouvoirs publics ont promulgué une série de textes réglementaires ayant pour objectif l'encadrement, l'exploitation, la production et la commercialisation des eaux embouteillées. Les conditions de sélection de la nature des eaux : eaux minérales naturelles ou eaux de sources ont été notamment mises en place et réglementées. [2]

II. Matériels et méthodes

Le recensement des eaux minérales embouteillées Commercialisées en Algérie ,fait apparaitre vingt et un (21) marques d'eau minérale non gazeuse qui sont :

Ifri, LallaKhedidja, Thevest, Youkous, Batna, Guedila, El Golea, Messerghine, Djemila, Texanna, Saida, Ain Souda, Sidi Okba, Mansourah, Toudja, Alma, N'gaous, Hammamet, Milok, Sidi Yakoub, Mouzaia.

Après vérification de la fiabilité des analyses physicochimiques mentionnées sur les étiquettes des eaux minérales par l'analyse de la balance ionique selon la formule suivante :

Balance ionique (en %)= $(\sum \text{cations} - \sum \text{anions}) / (\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) * 100$ en meq/l.

Avec à un écart maximal admissible de 10% [3] seulement 14 marques ont été retenues : Ifri ,Lalla Khedidja, Youkous Messerghine, Djemila, Sidi Yakoub, Mouzaia

Mansourah, Thevest, Batna ,Saida Hammamet,,Milok

Méthodes d'analyses hydrochimiques et statistiques

2.1. Indice d'échange de base (I.e.b.)

L'utilisation de l'indice d'échange de base (i.e.b.) permet de mettre en évidence les modifications du chimisme de l'eau au cours de son trajet souterrain.

$$\text{I.e.b.} = [\text{rCl} - \text{r}(\text{Na} + \text{K})] / \text{rCl}$$

Si l'i.e.b. est négatif alors les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} de l'eau sont échangés contre les ions K^+ et Na^+ des formations encaissantes, l'eau est d'origine cristalline ;

Si l'i.e.b est positif alors les ions Na^+ et K^+ de l'eau sont remplacés par les ions Mg^{2+} et Ca^{2+} des formations encaissantes, l'eau est d'origine sédimentaire ;

Si l'i.e.b. = 0 alors il y a un équilibre entre les compositions chimiques de l'eau et celle du terrain encaissant.

1) Analyse de corrélation

Les statistiques bivariées, en particulier l'analyse de corrélation, sont utilisées dans le but de détecter tout d'abord les incohérences entre les variables, mais aussi les liaisons entre elles, prises deux à deux. Les liaisons linéaires, si elles existent, sont obtenues par un calcul numérique

2) Classification hiérarchique ascendante "CHA"

Il existe de nombreuses techniques statistiques visant à partitionner une population en différentes classes ou sous-groupes. La *classification ascendante hiérarchique (CAH)* est l'une d'entre elles. On cherche à ce que les individus regroupés au sein d'une même classe (homogénéité intra-classe) soient le plus semblables possibles tandis que les classes soient le plus dissemblables (hétérogénéité interclasse).

3) Analyse en composantes principales "ACP"

L'analyse en composantes principales (ACP ou PCA en anglais), ou selon le domaine d'application la transformation de Karhunen-Loève (KLT), est une méthode de la famille de l'analyse des données et plus

généralement de la statistique multivariée, qui consiste à transformer des variables liées entre elles (dites « corrélées » en statistique) en nouvelles variables décorrélées les unes des autres.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A. I. Caractérisation des eaux

L'analyse des éléments chimiques majeurs montre une signature géochimique sans grande différence entre les eaux de source [4] et entre les eaux minérales naturelles.

Pour les eaux minérales naturelles, on distingue deux groupes :

Indice d'échange de base (I.e.b)

- ♦ I.e.b > 0 représenté par 57,14 % des eaux ;
- ♦ I.e.b < 0 représenté par 42,86 % des eaux.

Tableau.1.Statistique descriptive des éléments chimiques des eaux minérales

	N° observation	Moy	Min	Max	E type
pH	14	7,17	6,60	7,77	0,30
CE $\mu\text{s/cm}$	14	756,43	315,00	1590,00	321,89
Ca ⁺⁺ mg/l	14	79,10	52,00	136,00	23,51
Mg ⁺⁺ mg/l	14	30,47	7,00	75,00	18,84
Na ⁺ mg/l	14	39,78	5,50	138,00	37,88
K ⁺ mg/l	14	2,35	0,30	4,90	1,58
HCO ₃ ⁻ mg/l	14	290,93	85,00	671,00	138,36
SO ₄ ⁻ mg/l	14	62,13	7,00	188,00	42,92
Cl ⁻ mg/l	14	62,41	10,00	170,00	48,27
RS mg/l	14	498,86	180,00	1280,00	283,85

naturelles

Tableau 2. Indice d'échange de base des eaux minérales

IEB	Eau minérale	L'origine de l'eau
I.e.b > 0	Ifri = 0,635	Eau d'origine sédimentaire
	Lalla Khedidja = 0,184	
	Youkous = 0,034	
	Messerghine = 0,075	
	Djemila = 0,091	
	Mansourah = 0,017	
	Alma = 0,098	
	Sidi Yakoub = 0,054	
I.e.b = 0	-	Equilibre entre la composition chimique de l'eau et celle du réservoir
I.e.b < 0	Thevest = -0,135	Eau d'origine cristalline
	Batna = -0,134	
	Saida = -0,127	
	Hammamet = -0,145	
	Milok = -0,596	
	Mouzaia = -0,425	

1) certaines variables. (Tab 14)

Analyse de corrélation

Pour les 14 individus des eaux minérales naturelles et au seuil de 10%, le coefficient de corrélation critique est $r = 0,6038$. Sur cette base, On note de nombreuses corrélations faibles et négatives, faibles, fortes et positives entre A part le potassium K^+ et les sulfates SO_4^{2-} , la Cond présente de fortes corrélations avec les autres éléments chimiques. Le Na^+ et le Cl^- sont aussi très corrélés (0,93). Les corrélations sont également importantes entre Ca^{2+} et Na^+ (0,74), HCO_3^- (0,70), Cl^- (0,72). Mais négative avec K^+ (-0,37) et très faible avec Mg^{2+} (0,49) et SO_4^{2-} (0,38).

Nous notons aussi qu'aucune liaison significative n'est observée entre le potassium K^+ et les autres éléments chimiques.

Tableau 14 : Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques des eaux minérales

	Cond	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	RS
Cond	1,00								
Ca ²⁺	0,83	1,00							
Mg ²⁺	0,82	0,49	1,00						
Na ⁺	0,93	0,74	0,66	1,00					
K ⁺	-0,50	-0,37	-0,40	-0,45	1,00				
HCO ₃ ⁻	0,87	0,70	0,91	0,74	-0,42	1,00			
SO ₄ ²⁻	0,42	0,38	0,35	0,27	-0,29	0,14	1,00		
Cl ⁻	0,86	0,72	0,50	0,93	-0,46	0,59	0,22	1,00	
RS	0,92	0,85	0,78	0,83	-0,46	0,90	0,34	0,70	1,00

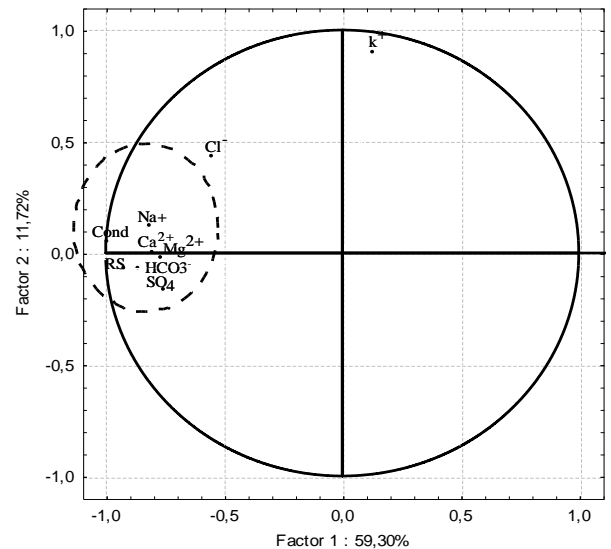
Classification Hiérarchique Ascendante

La classification hiérarchique ascendante (CHA) nous permet de distinguer les groupes d'eaux qui ont une composition hydrochimique similaire.

C.H.A des eaux minérales naturelles

Dans ce paragraphe nous utilisons la méthode de liaison de Ward avec la distance euclidienne sur un nombre d'individus égal à 14 (N = 14) et neuf variables (Cond, RS, et les éléments majeurs).

Figure 47 : Cercles de corrélation sur le plan des facteurs F1-F2



Classification Hiérarchique Ascendante

La classification hiérarchique ascendante (CHA) nous permet de distinguer les groupes d'eaux qui ont une composition hydrochimique similaire.

Dans cette partie nous utilisons la méthode de liaison de Ward avec la distance euclidienne sur un nombre d'individus égal à 14 ($N = 14$) et neuf variables (Cond, RS, et les éléments majeurs).

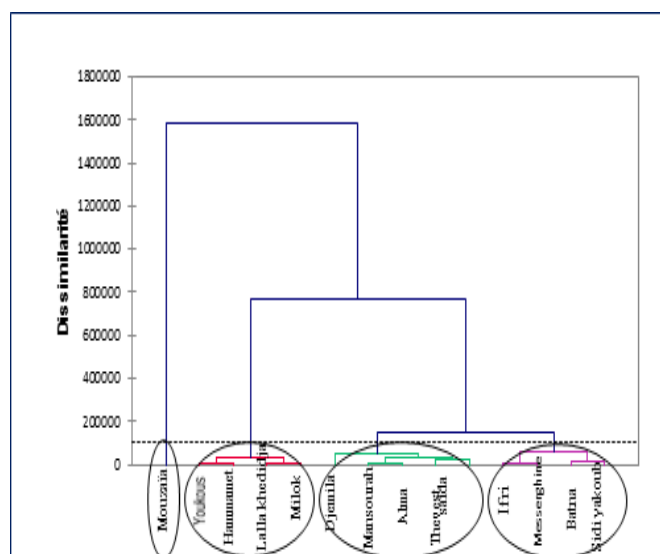


Figure 42 : Dendrogramme de classification hiérarchique des eaux minérales naturelles

Conclusion

Les eaux minérales étudiées sont puisées dans des environnements géologiques et hydrogéologiques très diversifiés caractérisant la géologie du pays. L'eau minérale Mouzaia dépasse les valeurs indicatives de la norme algérienne en termes de concentration du bicarbonate. Mis à part ce que nous avons mentionné, tous les éléments chimiques étudiés répondent aux critères de potabilité algérienne.

Les techniques empiriques et graphiques fournissent de précieuses et rapides informations sur le chimisme des eaux minérales naturelles

L'analyse en composantes principales ACP et la classification hiérarchique ascendante CHA permettent toutes les deux d'intégrer les éléments chimiques majeurs et mineurs, la conductivité et la charge saline totale dissoute dans l'analyse et la classification multivariable des eaux minérales naturelles. La combinaison des techniques statistiques multivariées « la classification ascendante hiérarchique (CAH) et l'Analyse en

composantes principales (ACP) » a permis de classer les eaux en trois groupes statistiquement distincts. Les eaux du 1^{er} groupe sont de faciès bicarbonaté calcique, Les eaux du 2^{ème} groupe sont de faciès bicarbonaté alors que les eaux de 3^{ème} groupes sont de faciès chloruré sodique et calcique, et sulfaté calcique.

Remerciements

Cette étude a pu voir le jour grâce aux consignes et directives du docteur Belksier Med Salah, qu'il trouve par le biais de ce travail mon profond respect.

REFERENCES

- [1] **Hazzab Abdelkrim, 2011.** Eaux minérales et eaux de sources en Algérie. Article in comptes rendus Géosciences-January 2011.DOI : 10.1016/j.crte. 2010.11.07. Univ Tahar Moulay. Saida. Algérie.
- [2] **JORADP, 2011.** Journal officiel N° 66/11 ; Mars 2011, Code de l'eau en Algérie.
- [3] **Kloppmann W., Bourhane A., Asfirane F, 2011.** Méthodologie de diagnostic de l'origine de la salinité des masses d'eau, emploi des outils géochimiques isotopiques et géophysiques. ONEMA, BRGM, 129 p.
- [4] **Sekiou.F., Kellil.A, 2014.** Caractérisation et classification empirique, graphique et statistique multivariable d'eaux de sources embouteillées de l'Algérie. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°20, décembre 2014, pp225-246.