

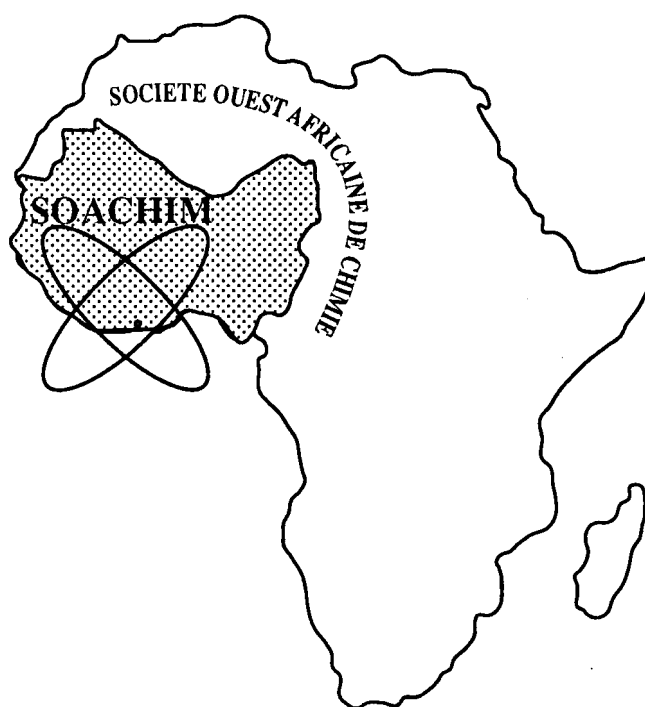
Caractéristique hydrogéochimique des eaux souterraines des aquifères de l'Izegouandé et du Tarat au voisinage de la Somair à Arlit au Niger.

**Salifou Issa, Abdoukarim Alassane, Ibrahim Natatou,
MousaBoukari, Dominique Sohounhloué,
Daouda Mama.**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

J. Soc. Ouest-Afr. Chim.(2015), 039 : 57 - 63

20^{ème} Année, Juin 2015



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

Site Web: <http://www.soachim.org>

Caractéristique hydrogéochimique des eaux souterraines des aquifères de l’Izegouandé et du Tarat au voisinage de la Somair à Arlit au Niger.

**Salifou Issa¹, Abdoukarim Alassane¹, Ibrahim Natatou², Mousa Boukari¹,
Dominique Sohounhloué³, Daouda Mama^{1*}.**

¹*Laboratoire d’Hydrologie Appliquée, Institut National de l’Eau (INE), Université d’Abomey-Calavi, 01 BP 526, Cotonou01, Bénin*

²*Département de Chimie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, B.P. 10662 Niamey, Niger*

³*Laboratoire d’Étude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), École Polytechnique d’Abomey-Calavi (EPAC), Université d’Abomey-Calavi, Bénin*

(Reçu le 10/02/2014 – Accepté après corrections le 25/05/ 2015)

Résumé :Le présent travail traite de la caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines des aquifères de l’Izegouandé et du Tarat, dans le bassin de Tim Mersoï, aux voisinages de la mine d’uranium exploitée par la société des mines de l’Aïr à Arlit au Niger, en Afrique de l’Ouest. Pour ce faire, nous avons retenus pour échantillonnage vingt(20) points de prélèvements repérés par leurs coordonnées GPS, afin de déterminer l’impact des activités anthropiques sur ces eaux. Les faciès de ces eaux ont été établis sur la base de données précédemment calculées. Les résultats montrent que deux types de faciès caractérisent les eaux de ces aquifères : des faciès de type chloruré sodique représentant 21,05%, et strictement localisés au Tarat et des faciès de type bicarbonaté sodique, représentant 78,95% et repartis entre les deux aquifères, avec 53,33% localisés au Tarat, et les 46,67% localisés à l’Izegouandé. Cette minéralisation est attribuable à la dissolution des minéraux, aux contributions anthropiques et au phénomène d’adsorption et d’échange de bases.

Mots-clés:Hydrogéochimie, pollution, aquifères, mine d’uranium à Arlit, Niger.

Hydro-geochemical feature of the aquifers groundwater of Izegouande and Tarat near Somair Arlit in Niger.

Abstract :The Work deals with the hydro-geochemical characterization of the aquifers groundwater Izegouande and Tarat in the basin of Tim Mersoï, in the vicinity of the uranium mines which are exploited by the Mining Company of Aïr in Arlit, Niger West Africa. For this study we have selected twenty (20) sampling points collected using GPS coordinates, to help determine the impact of human activities on these waters. The facies of these waters have been established on the basis of previously calculated data. The test results show that two types of facies characterize the aquifers waters; the sodium chloride type represents 21.05%, and strictly localized to Tarat and the sodium bicarbonate type accounting for 78.95% distributed among two aquifers, 53.33% in the water of Tarat and 46.67% in the Izegouande groundwater. The mineralization is due to the dissolution of minerals and the anthropogenic and phenomena of absorption and bases exchanges.

Keywords: hydro-geochemistry, pollution, aquifers, Uranium mine of Arlit, Niger.

* **Auteur correspondant :** Daouda MAMA : E-mail : mkdaouda@yahoo.fr ; Tél : (229) 96638124

1. Introduction

L'eau est une ressource rare ^[1], commune à toute l'humanité ^[2]. Cette ressource est inégalement répartie de part le monde ^[3]. L'eau douce représente environ 3% de la quantité totale des eaux qui existent sur la planète terre. La plus grande réserve en eau douce liquide de la planète est constituée par les eaux souterraines avec environ 8 à 10 millions de km³, ce qui représente 98 et 99 % du total ^[4]. Au plan mondial, l'exploitation des eaux souterraines couvre, approximativement 50 % des demandes en eau potable (alimentation des collectivités : ménages, services publics, activités desservies), 20 % des demandes en eau d'irrigation, 15 % des demandes des industries non desservies. Ces proportions sont très variées selon les pays ^[4]. Les eaux souterraines constituent dans certaines localités d'Afrique comme le Niger la principale source d'approvisionnement en eau potable ^[5]. Mais il arrive que ces eaux subissent des pollutions liées aux activités anthropiques des riverains ^[6,7].

Le présent article a pour objet d'évaluer les apports des polluants, en tenant compte du fond géochimique des aquifères de l'Izegouandé et du Tarat. Ces aquifères se situent dans le bassin de Tim Mersoï, et se retrouvent aux voisinages de la mine d'uranium qui est exploitée par la société des mines de l'Air à Arlit au Niger en Afrique de l'Ouest.

2. Matériels et méthodes

Pour le besoin de l'étude nous avons sélectionné vingt(20) points de prélèvements qui existent déjà

sur le terrain. Ces points se répartissent comme suit : dix(10) servent à une adduction en eau potable et les dix(10) autres permettent de contrôler une éventuelle pollution qui peut provenir des bassins de rétention d'effluents industriels, des bassins de lagunage et des espaces qui servent à la culture maraîchère. La figure 1 nous donne la carte hydrogéologique avec la localisation des différents points de prélèvement.

Les prélèvements d'échantillons d'eau qui sont destinés aux analyses physico chimiques, se sont déroulés selon les règles décrites par L-BARRES ^[8]. Une purge d'une à deux minutes est observée sur les puits d'adduction d'eau potable, car ils sont en exploitation continue, pour les piézomètres une purge plus longue de 30 minutes est observée avant de procéder à leur échantillonnage.

Les paramètres physique, physico-chimique et chimique qui ont fait l'objet d'investigation dans notre étude, sont analysés au laboratoire d'analyse et d'essai de la Somaïr.

Les points de prélèvements et le laboratoire se trouvent dans la même zone. Ainsi les paramètres tels que : le pH et la résistivité sont mesurés par un pH-mètre multifonctions HI 4521-02. Les cations tels que : le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium sont analysés par absorption atomique à flamme avec le Varian AA240FS et le 2380 de type PERKIN-ELMER. Les ions chlorures, le TA et le TAC sont mesurés par colorimétrie. En fin les ions sulfates et nitrates sont quantifiés par spectrophotométrie avec le varian Cary 50 Conc et le XS 2 Uvi light SECOMAM.

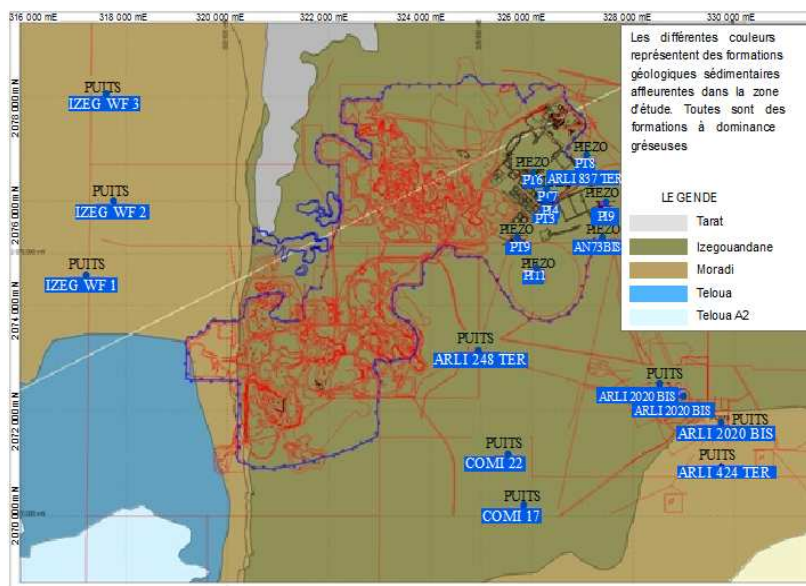


Figure 1 : Points de prélèvement d'eau

Le logiciel diagramme (Roland SIMLER Laboratoire d'Hydrologie d'Avignon) et microsoftexcel ont permis : de réaliser les diagrammes de Piper, de déterminer les faciès hydro-chimiques des eaux et de déterminer les indices de saturation des minéraux. Le logiciel Arcview 3.2 a permis de réaliser la carte de localisation des sites de prélèvement dans leur environnement hydrogéologique. Le logiciel microsoftexcel a servi à réaliser des diagrammes binaires linéaires, qui ont permis par simple corrélation entre les différents éléments majeurs de déterminer les processus qui sont à l'origine de la minéralisation des eaux.

3. Résultats et Discussion

3.1. Résultats

Le **tableau I** nous donne les valeurs des différents paramètres mesurés sur les ouvrages. L'analyse de ces résultats nous révèle la présence de paramètres dont les valeurs excèdent les normes établies pour une eau de consommation. Les paramètres mesurés au tableau I nous ont permis la réalisation du digramme de piper au niveau des deux aquifères figures 2 et 3. Ces deux diagrammes

nous révèlent la présence de deux types de faciès, des faciès de type chloruré sodique et bicarbonaté sodique. Après le tracé des diagrammes de piper figures 2 et 3 à partir du **tableau I**, le logiciel de diagramme calcule automatiquement les indices de saturation vis à vis des minéraux bicarbonatés et sulfatés(**tableau II**). Ainsi les indices de saturation vis-à-vis des minéraux tels que le gypse et l'anhydrite **tableau II**, sont inférieurs à zéro. Pour les indices de saturation de la calcite et de l'aragonite, ils sont supérieurs à zéro. L'indice de saturation de la dolomite présente à la fois des valeurs inférieures et supérieures à zéro. Les diagrammes binaires établis sur les figures 4 et 5, nous donne respectivement la variation des ions chlorure en fonction des ions sodium, et des ions bicarbonate en fonction des ions calcium dans les deux aquifères, avec pour chaque diagramme binaire la représentation du coefficient de corrélation des deux ions représentés.

Les **figures 4 et 5** ci-dessous illustrent la variation des ions Cl^- en fonction des ions Na^+ et la variation des ions HCO_3^- en fonction des ions Ca^{2+} respectivement dans les eaux de l'Izéguandé et du Tarat.

Tableau I : Les paramètres analysés sur les ouvrages en juin 2012.

Nom		pH	Cond(25°C) en µs/cm	[Ca ²⁺] en mg/l	[Mg ²⁺] en mg/l	[Na ⁺] en mg/l	[K ⁺] en mg/l	[HCO ₃ ⁻] en mg/l	[CO ₃ ²⁻] en mg/l	[Cl ⁻] en mg/l	[SO ₄ ²⁻] en mg/l	[NO ₃ ⁻] en mg/l
IZEGOUANDE	IZEG1	9,01	964	2	1	253	1	477	15,50	39	37	5
	IZEG2	8,85	865	3	1	226	1	395	13,40	40	61	<2
	IZEG3	8,87	980	3	1	241	1	343	7,32	43	134	<2
	AN73bis	8,27	571,10	17	12	114	3	275,13	5,40	24	25	27
	PI4	8,28	560,85	14	13	112	3	267,54	0	23	31	31
	PI9	8,20	524,11	20	15	91	3	276,83	0	20	15	23
	PI11	8,55	667,11	9	8	142	2	232,76	0	30	48	65
Aquifères/TARAT	248ter	8,78	648	4	2	146	1	217	7,68	40	27	34
	424ter	8,57	799	6	2	164	2	168	6	70	53	58
	2020 bis	8,59	971	9	3	185	2	145	0	88	104	66
	2028 bis	8,56	918	8	3	177	2	150	3,12	87	93	43
	2039 bis	8,58	876	7	2	173	2	155	2,16	79	78	59
	COMI17	8,60	605	6	2	132	2	180	4,44	46	24	45
	COMI22	8,69	628	5	3	142	2	235	1,80	42	22	33
	837 ter	8,47	781,86	12	9	258	2	487,70	0	56	91	14
	PT3	8,78	599,88	10	3	138	2	246,17	7,56	38	30	35
	PT7	8,83	517,87	21	14	101	3	227,02	8,76	44	21	25
	PT8	8,37	679,81	17	11	135	3	277,92	0	32	73	6
	PT9	8,87	589,97	6	2	138	2	222,61	4,92	36	27	35

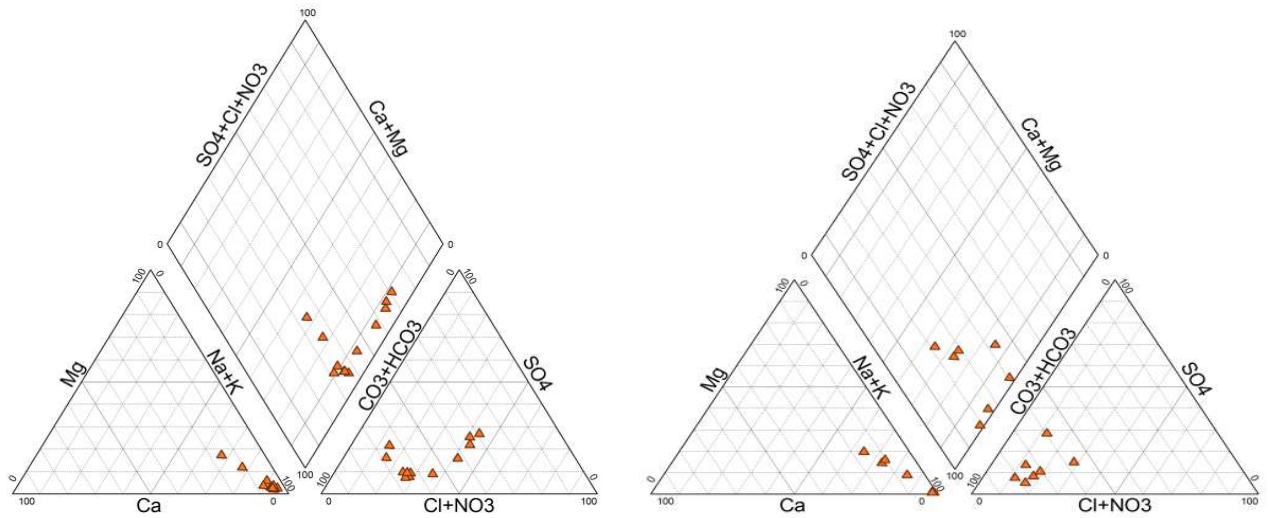


Figure 2 : Différents types de faciès rencontrés au Tarat Figure 3 : Différents types de faciès rencontrés à l’Izéguandé

Tableau II : Les indices de saturation vis-à-vis des minéraux carbonatés et sulfatés

Aquifère	Ouvrage	Type_ouvrage	FI	IsCalcite	IsAragonite	IsDolomite	IsGypse	IsAnhydrite
IZEGOUANDE	IZEG1	Puits	12,02	0,53	0,38	0,55	-3,45	-3,67
	IZEG2	Puits	11,20	0,47	0,32	0,26	-3,05	-3,27
	IZEG3	Puits	12,42	0,42	0,27	0,16	-2,72	-2,94
	AN73 b	Piézosenv	8,83	0,50	0,36	0,66	-2,66	-2,88
	PI4	Piézosenv	8,22	0,42	0,28	0,62	-2,64	-2,86
	PI9	Piézosenv	8,30	0,51	0,37	0,70	-2,80	-3,02
	PI11	Piézosenv	8,61	0,44	0,29	0,62	-2,65	-2,87
TARAT	248ter	Puits	7,40	0,30	0,15	0,09	-3,24	-3,46
	424ter	Puits	8,66	0,14	0	-0,40	-2,78	-3
	2020 bis	Puits	10,31	0,26	0,11	-0,16	-2,33	-2,55
	2028 bis	Puits	9,80	0,19	0,05	-0,24	-2,43	-2,65
	2039 bis	Puits	9,27	0,18	0,03	-0,39	-2,56	-2,78
	COMI17	Puits	6,90	0,22	0,07	-0,24	-3,10	-3,32
	COMI22	Puits	7,29	0,34	0,2	0,26	-3,23	-3,45
	837 ter	Piézosenv	14,27	0,76	0,61	1,19	-2,31	-2,53
	PT3	Piézosenv	8,19	0,74	0,60	0,76	-2,8	-3,02
	PT7	Piézosenv	8,35	1,08	0,93	1,78	-2,64	-2,86
	PT8	Piézosenv	10,13	0,60	0,45	0,80	-2,21	-2,43
	PT9	Piézosenv	7,30	0,58	0,43	0,47	-3,06	-3,28

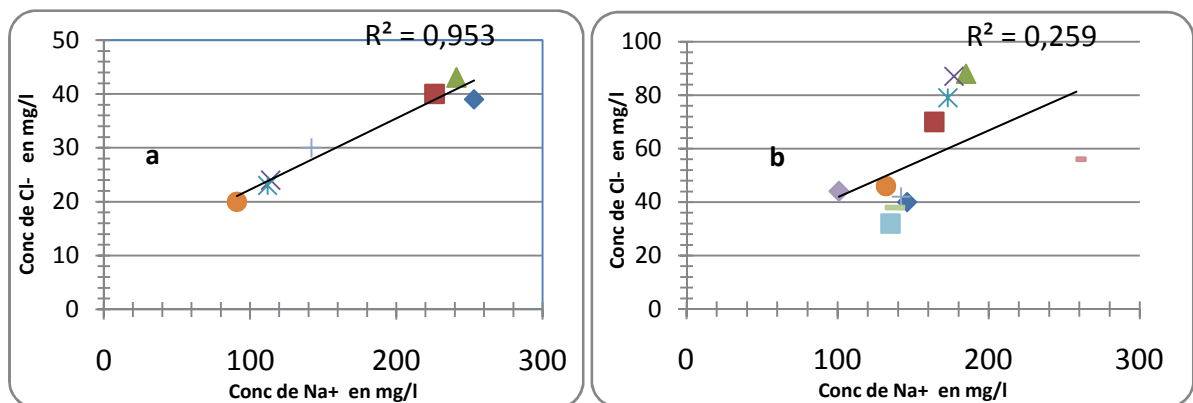


Figure 4 : Variation des ions Cl⁻ en fonction des ions Na⁺ dans les eaux de l’Izéguandé (a) et duTarat (b)

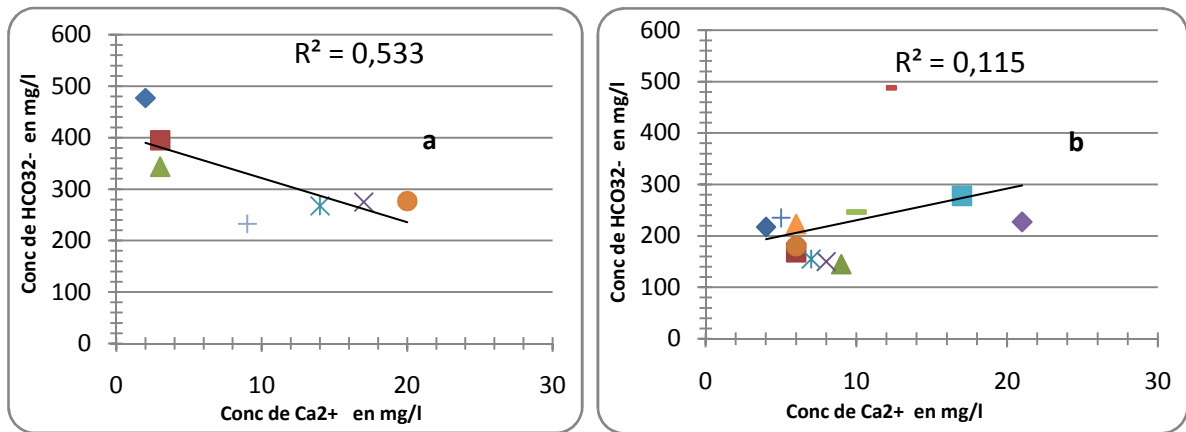


Figure 5 : Variation des ions HCO_3^- en fonction des ions Ca^{2+} dans les eaux de l’Izégouandé (a) et du Tarat (b)

3.2. Discussion

Les fortes teneurs en nitrate (66 mg/l) qui sont observées dans l’aquifère du Tarat (tableau I), peuvent être liées à l’infiltration de eaux usées qui proviennent des bassins de lagunage, par l’intermédiaire d’anciens forages d’explorations non cimentés [7]. Elles sont aussi dues à une utilisation excessive de fertilisants en agriculture [9], particulièrement dans le domaine des cultures maraichères intensives qui sont pratiquées aux abords de la zone d’étude [7]. Dans la formation du Tarat on note la présence de matière organique végétale [10]. La décomposition de cette dernière, peut expliquer les fortes teneurs en nitrate.

Les teneurs élevées en sodium (tableau I) proviennent des saumures piégées dans l’aquifère ou ses imperméables [11]. Elles sont aussi liées aux rejets d’eaux industrielles. L’analyse de ces rejets révèle de fortes teneurs de cet élément [9].

Le fond géochimique naturel en sulfate est très variable pour les deux nappes, et quelque fois il diffère d’un point de prélèvement à l’autre pour une même nappe [10]. Notons également que l’acide sulfurique entre dans le processus de traitement du minerai, les fortes teneurs en sulfate (tableau I) peuvent provenir de l’infiltration des rejets d’eaux industrielles [7, 12, 13].

L’analyse du diagramme de piper de l’ensemble des ouvrages nous révèle deux familles de faciès: des faciès de type chloruré sodique et des faciès de type bicarbonaté sodique (figures 2 et 3).

Les faciès de type chloruré sodique sont au nombre de quatre, ils se localisent seulement dans l’aquifère du Tarat. Les faciès de type bicarbonaté sodique sont les plus abondants, ils sont repartis dans les deux aquifères, ce qui dénote l’importance

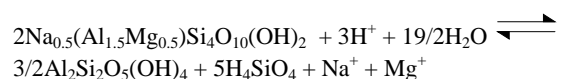
des processus hydrogéochimiques qui régissent la minéralisation de ces eaux [7].

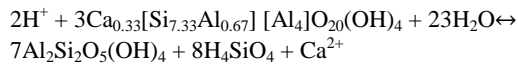
Dans l’aquifère de l’Izégouandé, le faciès bicarbonaté sodique est lié à la présence d’une couche réservoir qui est constituée des grès calcaires [14]. Les faibles teneurs en calcium proviennent de la baisse des indices d’échange de base (IEB), ce qui conduit à la libération massive du sodium par le complexe adsorbant en période de hautes eaux (de recharge de l’aquifère). Cette libération du sodium s’accompagne de la fixation du calcium des eaux [15].

L’aquifère du Tarat n’est pas constitué de minéraux carbonatés, la présence des eaux à faciès bicarbonaté est liée aux échanges de flux d’eau avec l’aquifère de l’Izégouandé, par drainance naturelle [10].

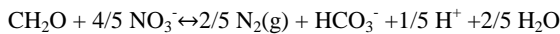
Le faciès chloruré sodique est lié à la présence d’une fraction silteuse, qui comprend des minéraux comme les illites ou les chlorites [16]. Les fortes teneurs en ions chlorures qui sont observées, confirment la mise en solution des chlorures provenant de ces dépôts [7]. Dans les eaux de l’Izégouandé, les variations des ions Cl^- en fonction des ions Na^+ , ainsi que celles des ions HCO_3^- en fonction des ions Ca^{2+} montrent que ces paramètres peuvent avoir la même origine.

Le sodium peut provenir des phénomènes d’adsorption et d’échange de bases. En effet, la géologie de la zone montre qu’elle est constituée des siltites et d’argiles. Les argiles telles que la montmorillonite peuvent avoir un pôle sodique ou calcique, elles peuvent en s’hydrolysant se transformer en kaolinite en libérant selon le cas du sodium ou du calcium suivant les réactions [17, 18]:

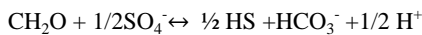




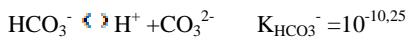
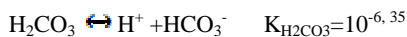
Les bicarbonates peuvent intervenir lors de la période de recharge des nappes (des hautes eaux). Au cours de ce processus les zones non saturées deviennent saturées, ce qui peut ralentir le processus de minéralisation des matières organiques par manque d'oxygène et diminuer la production de CO₂. Lorsque le manque d'oxygène devient crucial, la réaction de la destruction de la matière organique peut alors récupérer l'oxygène aux nitrates et même aux sulfates suivant les réactions ^[19] :



Après la consommation de l'oxygène contenu dans les nitrates, la réaction se poursuit avec l'oxygène contenu dans les sulfates. Cette réaction s'arrête lorsque les bactéries sont intoxiquées par les HS⁻. La réaction s'écrit comme suit :



Les ions bicarbonates proviennent en grande partie de la mise en solution du CO₂ dans l'eau selon les équations suivantes :



Ces ions proviennent surtout de la dissolution des minéraux carbonates dont la présence est mise en évidence dans la zone ^[14].

L'origine du calcium peut être liée à la dissolution du gypse dont la présence est mise en évidence dans l'aquifère du Tarat^[20]. Cette dissolution serait également à l'origine de la présence des ions sulfates.

4. Conclusion

Les aquifères du Tarat et de l'Izegouandé représentent les seules sources d'approvisionnement en eau potable qui sont exploitées par la Somaïr. Des concentrations relativement élevées des paramètres tels que le nitrate, le sodium et le sulfate, sont observées. Ces fortes concentrations sont liées à l'infiltration des rejets d'eaux industrielles, à l'infiltration des eaux usées qui proviennent des stations de lagunages, au niveau des jardins irrigués et à la dissolution des minéraux. Cette infiltration rapide des eaux usées est favorisée par l'existence au droit de ces installations d'anciens forages d'exploration non cimentés après radio carottage.

On distingue deux types de faciès: des faciès de type chloruré sodique et des faciès de type bicarbonaté sodique. Le second type est reparti dans les deux aquifères, ce qui dénote de l'importance des processus hydrogéochimiques qui régissent la minéralisation de ces eaux. Cette minéralisation est due principalement à la dissolution des minéraux, aux contributions anthropiques et au phénomène d'adsorption et d'échange de bases.

5. Bibliographie :

- [1] Y. LACOSTE, L'eau dans le monde: les batailles pour la vie, Larousse 2003, Paris.
- [2] V. SHIVA, La guerre de l'eau, Parangon : L'Aventurine 2003, Paris.
- [3] S. PAQUEROT, L'eau : un régime privé ou public dans les Amériques?, [<http://www.iqhei.ulaval.ca/Pdf/ORIEPaquerot.pdf>] (page consultée le 6 juin 2005).
- [4] J. MARGAT, Exploitations et utilisations des eaux souterraines dans le monde. imta.janium.net. Co-édition: UNESCO et BRGM 2008.
- [5] Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O, Belghity D. Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. J. Larhyss , (2010) 08, 101-112.
- [6] B. TOHNGODO, Evaluation de risque écotoxicologique des éléments en traces minéraux sur un site aurifères de l'Afrique de l'Ouest et leurs impacts sur les ressources en eau : Cas du périmètre aurifère de Perma (Nord-Ouest de la République du Bénin). Mémoire de fin de formation pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) à la FAST/UAC 2008, Bénin.
- [7] S. ISSA, Caractérisation Hydrogéochimique de l'eau Souterraine au voisinage de la Mine d'uranium exploitée par la Société des Mines de l'Air à Arlit au Niger. Mémoire de DEA, Université d'Abomey-Calavi 2012, Cotonou.
- [8] A L-BARRES, Guide pratique d'échantillonnage des eaux souterraines, BRGM Service Géologique Nationale, Département C3G 1993, France.
- [9] D. CHAPMAN; V. KIMSTACH, Selection of water quality variables. Water quality assessments a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon 1996, London.
- [10] F. ASSALACK, Synthèse des travaux de réalisation des ouvrages de la campagne 2011. Rapport des synthèses. Arlit-Akokan. Réf.:2012/NIG/AMN/01/HYDRO. Document interne (Aréva) 2012, Niger.
- [11] LE G LA S. CORINNE, Circulation des eaux souterraines dans l'aquifère captif du continental terminal - bassin des Iullemeden - Niger - méthodologie et application: isotopes stables de la molécule d'eau,

carbone-14, chlore-36, uranium et gaz nobles Thèse de Doctorat Paris 11 1994, France.

[12] CE. DELISLE; JW. SCHMIDT The effects of sulphur on water and aquatic life in Canada. In: *Sulphur and its inorganic derivatives in the Canadian environment* National Research Council of Canada (NRCC No. 15015) 1977, Ottawa.

[13] N N. GREENWOOD; A. EARNSHAW. Chemistry of the elements, Pergamon Press, 1984, Oxford, UK.

[14] Konaté M, Denis M, Yahaya M, Guiraud M. Structuration extensive et transtensive au-devant du bassin de (bordure occidentale de l'Aïr, Nord Niger). *J. Annales. Univ. Ouaga. Série C* (2007) 005, 1-32.

[15] A. ALLASSANE, Etude hydrogéologique du Continental Terminal et des formations de la plaine littorale dans la région de Porto-Novo (Sud du Bénin) : Identification des aquifères et vulnérabilité de la nappe superficielle. Thèse de doctorat du troisième cycle, Université Cheik Anta Diop 2004, Dakar.

[16] M. MAANAN Etude sédimentologique du remplissage de la lagune de Sidi Moussa (côte atlantique marocaine) caractérisations granulométrique, minéralogique et géochimique. Thèse de Doctorat, Université Chouaib Doukkali 2003, Maroc.

[17] W. STUMM; J. MORGAN, Aquatic chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters, 2nd Ed. Wiley-Interscience 1981, New-York.

[18] C A J. APPELO; D. POSTMA, Geochemistry, groundwater and pollution, 2nd edition, CRC Press and Balkema, Taylor and Francis group 2005, Netherland.

[19] UN, La plaine côtière du Bénin : une reconnaissance hydrochimique. Rapport informel N°1. Projet BEN 85/004, DH. Cotonou 1987, Bénin.

[20] A A W. EGINE, Etude et caractérisation des résidus de traitement de minerais d'uranium. Exploitation de résultats et interprétations pour prévision du comportement des métaux, Résumés des Mémoires de fin de Cycle des stagiaires du CESMAT, Bulletin de liaison des anciens stagiaires du centre d'études supérieures des matières premières 2008, Paris.