

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI (GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE).

Mohammed DJEMAÏ* et Mohamed MESBAH**

RÉSUMÉ.

La zone d'investigation ; en l'occurrence le bassin versant de l'oued Aïssi, est située au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Localisée sur le flanc Nord du Djurdjura, elle se caractérise par un relief accidenté. De part son exposition aux vents humides provenant de la mer méditerranée, elle recèle d'importantes ressources en eaux de surface et souterraines, générées par des précipitations certes irrégulières mais conséquentes (pluviométrie moyenne annuelle = 910 mm). Ces ressources doivent leur origine à la faible perméabilité des formations géologiques qui favorisent le ruissellement en amont, puis l'infiltration en aval dans les formations détritiques plus perméables de la nappe alluviale d'extension limitée (environ deux (02) Km²) et d'épaisseur réduite (10 à 20 mètres). Chronologiquement, les caractéristiques physico-chimiques des eaux sont stationnaires, à l'image de leur caractère incrustant et leur dureté moyenne à forte. Les valeurs des conductivités, reflètent une minéralisation globale moyenne des eaux qui s'atténue d'amont en aval, en périodes de hautes et de basses eaux. Les concentrations de quelques paramètres de la pollution comme la demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO) s'inscrivent dans les normes de qualité des eaux de surface destinées aux usages domestiques. La construction du barrage de Taksebt présente un impact certain sur la qualité des eaux de surface, qui s'illustre par la diminution de la minéralisation totale sous l'effet du phénomène de dilution ou de précipitation de certains éléments comme les bicarbonates. La minéralisation globale se présente dans des concentrations conformes aux normes de potabilité chimique de l'O.M.S, néanmoins, les teneurs en carbonates, bicarbonates et magnésium sont plus élevées par rapport aux autres éléments. Cet écart témoigne de l'influence des formations géologiques traversées sur la composition chimique de l'eau. De ce fait, les faciès chimiques dominants communs aux eaux de surface et souterraines, sont de type : hydrogéo-carbonaté calcique et hydrogéo-carbonaté magnésien.

Suite à l'accroissement démographique, le développement industriel et le recours aux engrais fertilisants dans l'agriculture, la qualité de la ressource risque d'être affectée par le spectre de la pollution sous toutes ses formes. En effet, les concentrations des paramètres de pollution comme l'ammonium (0.8 mg/l), les nitrites (0.095 mg/l), le phosphore (0.408 mg/l) et le fer ferreux (0.326 mg/l) se présentent selon des valeurs supérieures aux normes de qualité des eaux de surface. Dans le même contexte, la demande biochimique en oxygène (14.80 mg/l) et la demande chimique en oxygène (73.27 mg/l) soulignent des teneurs anormalement élevées en

*Département de Génie Civil, Faculté du Génie de la Construction U.M.M.T.O, BP. n°10 .RP, Hasnaoua, Tizi-Ouzou, Algérie.

**Département de Géologie, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire USTHB, BP. n° 32, El-Alia, Bab-Ezzouar, Alger, Algérie.

- *Manuscrit déposé le 24 Mars 2007, accepté après révision le 08 Juillet 2007.*

amont et en aval ; attestant de la richesse en matières organiques oxydantes et réductrices des eaux de surface issues des rejets domestiques. Toutes ces anomalies altèrent la qualité des eaux de surface pour la rendre médiocre, ainsi que celle des eaux souterraines sous-jacentes, lors de la recharge de la nappe.

Du point de vue bactériologique, les eaux souterraines sont de moindre qualité, car elles renferment en amont et en aval des concentrations supérieures aux normes de potabilité bactériologique, en germes totaux (500 c/100ml), colibacilles (240 c/100ml) et streptocoques fécaux (32 c/100ml).

Pour remédier à cette situation qui risque de concourir à des préjudices irréparables pour la nappe alluviale, la présente publication a pour objectifs : la quantification du degré de la pollution et son extension à travers ses différentes origines

Mots clés - Bassin versant de l'oued Aïssi - Barrage Taksebt - Eaux de surface - Eaux souterraines - Paramètres physico-chimiques - Paramètres bactériologiques - Faciès chimiques - Pollution.

PHYSICO-CHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL WATER CHARACTERISTICS OF THE OUED AÏSSI WATER BASIN (GREAT KABYLIA, ALGERIA).

ABSTRACT

The zone of investigation; in this case, the Oued Aïssi water basin is situated in the South-East of the main city of the wilaya of Tizi-Ouzou. Localised on the northern side of Djurdjura, it is characterized by a broken relief. Due to its exposure to the wet winds coming from the Mediterranean Sea, it conceals significant surface and underground water resources generated by irregular precipitations but consequent (annual average pluviometry = 910 mm). These resources owe their origin to the low permeability of the geological formations of the slopes supporting the streaming upstream, then the infiltration downstream in the more permeable detrital formations of the alluvial plain of limited extension (approximately two (02) km² and reduced thickness (10-20 meters). Chronologically, the physico-chemical characteristics of water are stationary, with the image of their character encrusting and their hardness varying from average to high. The values of conductivities reflect an average total mineralization of water which attenuates from upstream to downstream, in periods of high and low waters. The concentrations of some parameters of pollution as the biochemical oxygen request (DBO) and the chemical oxygen request (DCO) fall under the standards of qualities of surface water intended for the domestic uses. The construction of the Taksebt dam presents an unquestionable impact on the quality of water surface, which is illustrated by the reduction in total mineralization under the effect of the phenomenon of dilution or precipitation of certain elements like bicarbonates. The total mineralization arises in concentrations in conformity with the standards of chemical potability of the O.M.S; nevertheless the carbonates, bicarbonates and magnesium contents are higher compared to the other elements. This variation testifies to the influence of the geological formations crossed on the chemical composition of water. So the dominant chemical facies common to surface and underground waters are of type: hydrogéo-carbonated calcic and hydrogéo-carbonated magnesian.

Following the increase in population, the industrial development and the recourse to fertilizing manures in agriculture, the quality of the resource is likely to be affected by the

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI
(GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

spectrum of pollution in all its forms. Indeed, the concentrations of pollution parameters like ammonium (0.8 mg/l), the nitrites (0.095 mg/l), phosphorus (0.408 mg/l) and the ferrous-iron (0.326 mg/l) arise in concentrations higher than the standards of quality of water surface. In the same context, the oxygen biochemical request (14.80 mg/l) and the oxygen chemical request (73.27 mg/l) underline abnormally higher contents upstream and downstream; attesting high content in oxidizing and reducing organic matter of water surface resulting from the domestic rejections. All these anomalies affect the quality of water surface to make it poor, like that of underwater resources, at the time of the refill of the aquifer. From the bacteriological point of view, the underground waters are of less quality, because they contain upstream and downstream concentrations higher than the standards of bacteriological potability in total germs (500 c/ml), colon bacilli (240 c/l) and streptocoques fecal (32 c/ml)

To rectify this situation which is likely to contribute to irrevocable damages for the alluvial aquifer, the present publication aims at the quantification of the degree of pollution and its extension according to its various origins.

Key words - Oued Aïssi water basin - Taksebt dam - Surface waters - Under ground water- Physico-chemical parameters - Bacteriological parameters - Chemical facies - Pollution.

I – INTRODUCTION

Le bassin versant de l'oued Aïssi, de part sa position géographique sur le versant nord de la chaîne du Djurdjura, recèle d'importantes potentialités hydriques engendrées par des précipitations relativement élevées (910mm: période 1995-2005). En raison de la faible perméabilité (10^{-4} - 10^{-6} m/s) de ses formations géologiques, il est le siège d'un ruissellement conséquent au vu des débits ($Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$ en janvier 2005; $Q=8.56\text{m}^3/\text{s}$ pour l'année 1986/1987 et $Q= 7.6 \text{ m}^3/\text{s}$ pour l'année 1953/1954) enregistrés à la station hydrométrique (code : 02-17-15) du pont de Takhoukht dont il est équipé (A.N.R.H.,T.O, 2005) (fig. 1). Cet écoulement de surface participe activement au lessivage des versants, et véhicule par le biais du réseau hydrographique les rejets domestiques et industriels des agglomérations amont (fig.2), en dépit du phénomène d'autoépuration devant se réaliser naturellement tout le long du thalweg principal.

Suite à la réalisation du barrage Taksebt dont la mise en eau a été effectuée en 2001, et la surexploitation anarchique de la nappe alluviale, des mesures préventives propres à

l'évolution qualitative de la ressource s'imposent. Dans cette optique, nous avons entrepris de définir les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de surface et souterraines sur la base de données bibliographiques actualisées. Pour se faire, des échantillons d'eaux de surface et souterraines, prélevés en périodes de hautes et de basses eaux, et analysés par le laboratoire de l'algérienne des eaux (A.D.E) de Tizi-Ouzou, nous permettront de faire un diagnostic sur l'état physico-chimique actuel de la ressource. La présente note a pour objectif l'évaluation et l'évolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de surface et souterraines du bassin versant de l'oued Aïssi, en vue de mettre en évidence, toute anomalie (pollution) à caractère préjudiciable à la qualité de la ressource pour sa consommation ou tout autre usage. De part leur condition de gisement, les eaux de surface comparativement aux eaux souterraines, sont plus exposées à l'impact des activités humaines; de ce fait, l'évaluation de leur vulnérabilité, ainsi que celle des eaux souterraines, constitue l'ultime objectif de notre contribution.

I - 1. Cadre géographique

Le bassin versant hydrologique de l'oued Aïssi de code (02-17) selon la nomenclature de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H), est situé au sud-est du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Il est limité à son exutoire au nord, par les sous-bassins versants (02-16) et (02-18), au sud par la chaîne du Djurdjura, à l'est et à l'ouest par les bassins versants (02-15), (02-18) et (02-19) (fig.1).

I - 2. Contexte socio-économique

Du point de vue administratif, le bassin versant de l'oued Aïssi comprend six daïras : Larbaa-Nath-Iraten(LNI), Aïn-El-Hammam (AEH), Ouadhias, Béni-Yenni, Béni-Douala et Ouacif, totalisant dix neuf communes qui se partagent un espace géographique d'une superficie de 460 km² et une population de 227.284 habitants dont le taux d'accroissement démographique est de 3.2%,(RGPH, 1998) (fig.2, tableau.I).

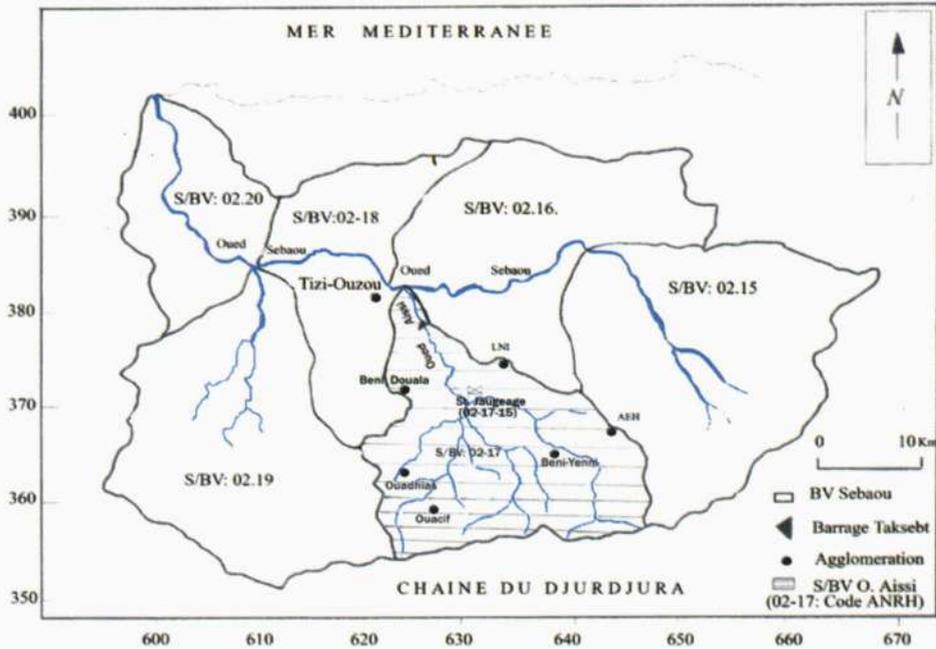


Fig. 1 - Situation géographique du bassin versant de l'oued Aïssi

Geographical situation of the studied region

Tableau I - Liste des Communes appartenant au bassin versant de l'oued Aïssi

List of the countries belonging to oued Aïssi water basin

1 : LARBAA-NATH-IRATHEN	11 : OUACIF
2 : IRDJEN	12 : AIT-BOUMAHDI
3 : AIT-AGGOUACHA	13 : AIT-TOUDDERT
4 : AIN-EL-HAMMAM	14 : BENI-YENNI
5 : AKBIL	15 : IBOUDRARENE
6 : ABI-YOUCEF	16 : YATAFEN
7 : OUADHIAS	17 : BENI-DOUALA
8 : AGOUNI GUEGHRANE	18 : AIT-MAHMOUD
9 : AIT-BOUADOU	19 : BENI-AISSI
10 : TIZI-N-TELATA	

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI
(GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

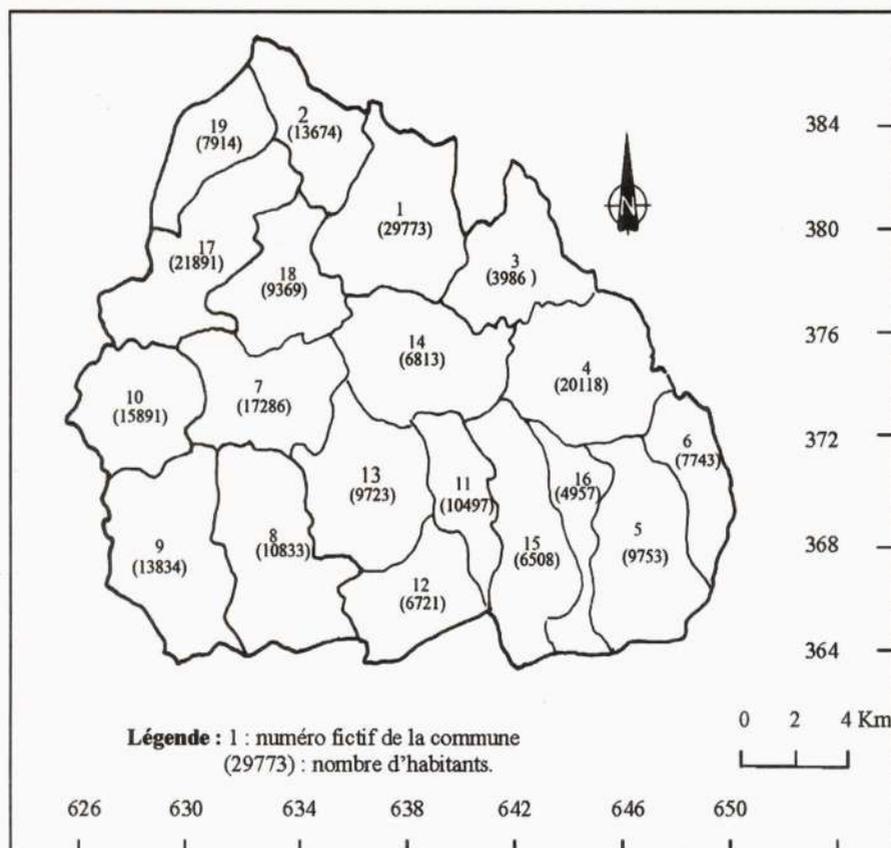


Fig. 2 - Localisation des communes du bassin versant de l'oued Aïssi

Localization of oued Aïssi water basin countries

L'industrie est représentée par des unités non polluantes (limonaderies, menuiseries, feronneries) et polluantes (abattoirs, pompes à essence, stations de lavage-graissage).

L'agriculture vivrière se résume à la culture de céréales, de plantations d'oliviers, de forêts de chêne et de chêne liège, d'élevages de bovins et d'ovins.

I - 3. Orographie-hydroclimatologie

La zone d'investigation se caractérise par un relief accidenté (indice de pente de Roche $I_p = 2.18\%$). Elle est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières dont la moyenne interannuelle est évaluée à 910 mm (période 1995-2005, ANRH, Tizi-

Ouzou, 2005). La durée de la période sèche (Juin-Septembre) influence quantitativement l'état de la ressource. En effet l'évapotranspiration réelle, induite par une température moyenne interannuelle de 18°C est de l'ordre de 70%. Sur la base du bilan hydrique, le ruissellement et l'infiltration sont évalués respectivement à 20% et 10% des précipitations (Lamas, 1993)

I - 4. Géologie-hydrogéologie

La géologie du bassin versant (fig.3) est représentée par :

- les formations calcaires et marno-calcaires d'âge secondaire et tertiaire de la chaîne du Djurdjura (Flandrin, 1952; Coutelle, 1976; Raymond, 1976).

- les formations métamorphiques d'âge primaire (schistes, schistes satinés, gneiss,...) du socle kabyle (Bossiere et Raymond, 1975),

- les marnes du Miocène post-nappe, constituant le substratum imperméable de la nappe alluviale de l'oued Sébaou,

- les formations quaternaires détritiques représentées par les alluvions de la vallée du Sébaou et en particulier de l'oued Aïssi (Chadrine, 1975). Ces alluvions de granulométrie variable (galets,

graviers, sables et limons), se présentent sous forme de terrasses emboîtées et étagées; (Benhassaine, 1980).

Du point de vue de l'hydrogéologie, les calcaires karstifiés du Djurdjura et les formations quaternaires détritiques constituent les seuls réservoirs d'eaux souterraines utilisés en grande Kabylie. L'exploitation de ces réservoirs, s'effectue par le captage des sources pour le premier, et la réalisation d'ouvrages hydrauliques (puits, forages) pour le second.

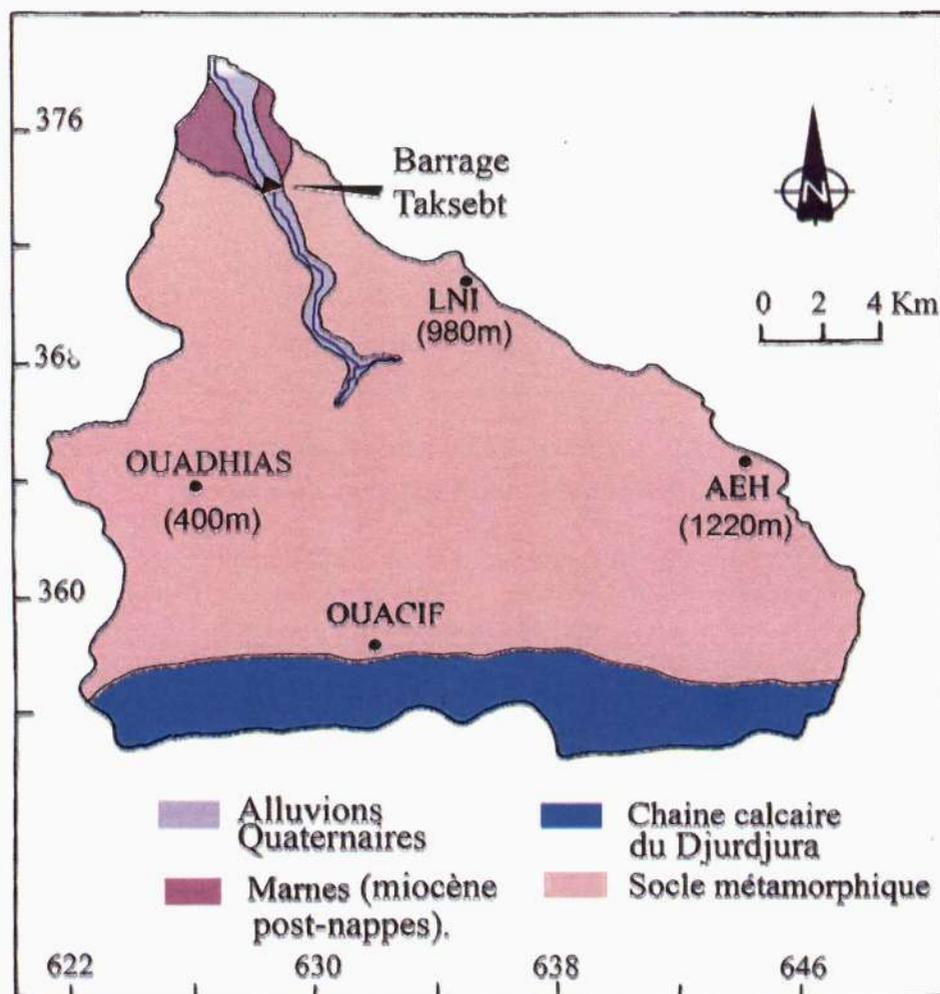


Fig. 3 - Esquisse géologique du bassin versant de l'oued Aïssi (Flandrin, J. 1952; Coutelle, A. 1976; Raymond, D. 1976)

Geological sketch map of oued Aïssi water basin (Flandrin, J. 1952; Coutelle, A. 1976; Raymond, D. 1976)

II. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX.

Selon l'usage auquel elle est prédestinée, la connaissance de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau de surface ou souterraine, est nécessaire pour pouvoir appréhender si nécessité oblige, toute avarie matérielle, nuisance ou effet indésirable pour la santé (Grosclaude, 1999). L'objectif assigné à la présente note consiste à évaluer la dite qualité à travers l'évolution spatio-temporelle de ses paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Pour se faire, nous examinerons successivement à travers les données bibliographiques actualisées, les qualités physico-

chimiques et bactériologiques des ressources disponibles au sein de la zone d'investigation.

II - 1. Eaux de surface

Du point de vue des paramètres physico-chimiques, les résultats d'analyses d'échantillons prélevés en période de hautes et de basses eaux, d'amont en aval de l'oued Aïssi (Lakroun, 1995; Mellal, 2001) (fig.4), montrent des eaux dures (T.H.T >30°F), incrustantes (pH > 7) beaucoup plus minéralisées en aval en période de hautes eaux, en raison du lessivage des versants par les eaux de ruissellement.

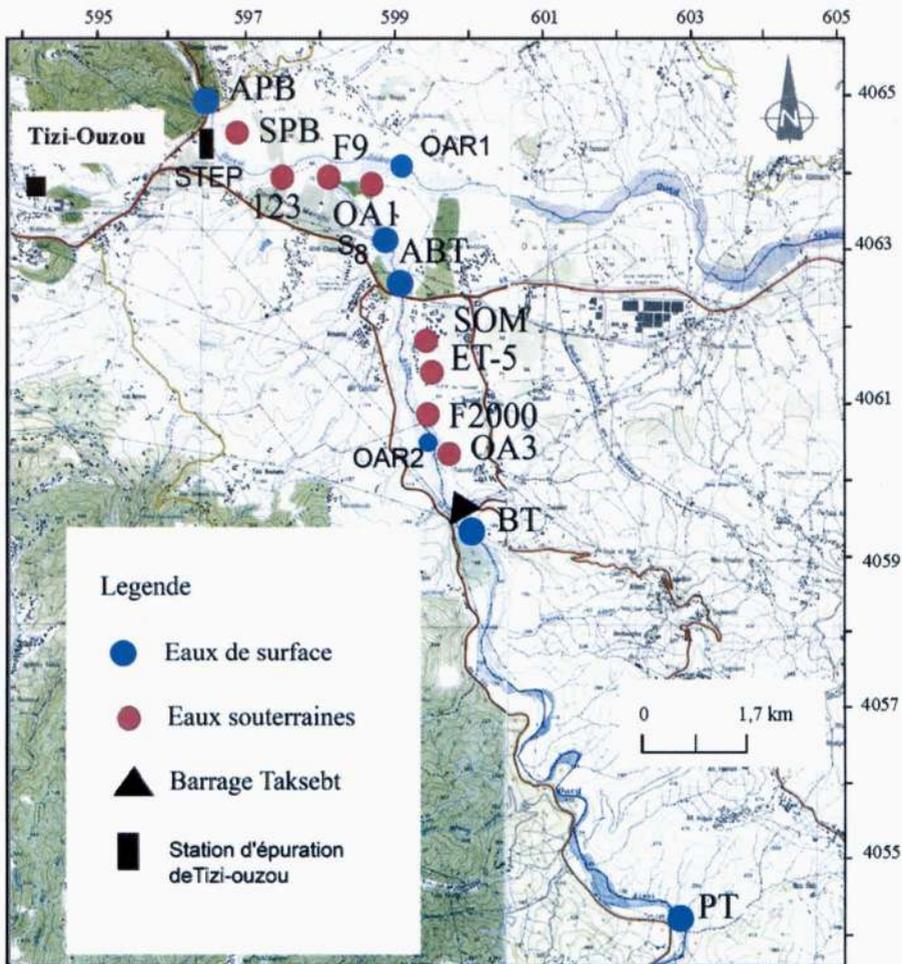
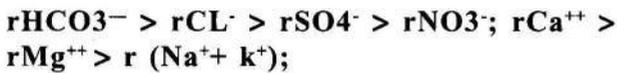


Fig. 4 - Carte d'inventaire des points d'eau échantillonnés
Inventory map of the sampled water points

Les eaux présentent des caractéristiques physico-chimiques conformes aux normes de l'organisme mondial de la santé (O.M.S.) (Rodier, 1984) (Tableau. II)

Le faciès chimique dominant est de type **Hydrogéo-carbonaté calcique** s'exprimant par la formule caractéristique :



Celui-ci souligne parfaitement l'origine de la principale alimentation de l'oued Aïssi qui provient des sources de la chaîne calcaire du Djurdjura. Les eaux présentent peu de danger d'alcanisation des sols du fait des faibles valeurs du taux d'adsorption du sodium (**S.A.R < 10 m.éq/l.**), calculé par la formule :

$$\text{SAR} = \text{Na} \times [(\text{Mg} + \text{Ca})/2]^{-1/2}$$

Quand aux paramètres de pollution, illustrés par la Demande Biochimique en Oxygène (DBO), la Demande Chimique en Oxygène (D.C.O) et les matières en suspension (M.E.S), les résultats

d'analyses témoignent de la présence de matières organiques, mises en évidence par des concentrations supérieures aux normes en période de basses eaux; ce qui confère aux eaux une qualité moyenne à passable (Degremont, 1989).

Le dosage des métaux lourds donne aussi des concentrations conformes aux normes (tableau III), en périodes de hautes et de basses eaux. Néanmoins, les concentrations en plomb sont quand à elles supérieures à ces mêmes normes en période de hautes eaux (Mellal, 2001).

Généralement, la présence de ces métaux lourds dans les eaux de surface témoigne d'une pollution d'origine industrielle et ce, en particulier pour le plomb (Rodier, 1975) (tableau. IV).

La réalisation du barrage Taksebt en aval de l'oued Aïssi pour le renforcement des besoins en eau potable des wilayas de Tizi-Ouzou, Boumerdes et en particulier la capitale : Alger, a suscité d'avantage d'intérêts, stimulant ainsi, notre volonté d'actualiser les caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface. Dans cette optique des échantillons prélevés en

Tableau II - Evolution des paramètres physico-chimiques (Lakroun, A., 1995 et Mellal, N., 2001)

Physico-chemical parameters evolution (Lakroun, A., 1995 et Mellal, N., 2001)

Périodes	Paramètres		Ca mg/l	Mg mg/l	T.H.T. °F	Conduct. μ s/cm	Min. mg/l	T°C	pH
	Sites								
Hautes Eaux	OAR _{1*}		65	48	36	756	415	21.5	8.1
	S _{9**}		64	35	30.5	547	547	26	8
Basses Eaux	OAR _{2*}		43	34	25	635	399	17.5	7.8
	S _{9**}		35	26	19.5	459.5	342	24	8.5

Légende : hautes eaux (* Mai 1992, ** Janv. 2000), basses eaux (*Sept. 1992, ** Jui. 1999)
(OAR_{1*} : Relevé 1 sur l'Oued Aïssi); (OAR_{2*} : Relevé 2 sur l'Oued Aïssi),
(S_{1**} : Station sur l'Oued Aïssi).

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI
(GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

Tableau III - Valeurs maximales limites des métaux lourds (rejets industriels)
Normes Algériennes (J.O, n°46 du 14/07/1993) *

Normes françaises (Décret n° 95-363, JO du 07/04/95) **

Maximum limit values of heavy metals (industrial rejections)
Algerian norms (O.J., n°46 of 14/07/1993)*
French norms (decret n° 95-363 O.J. 07/04/95)

Paramètres	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn	MES	DCO
Concentrations (mg/l) *	0.2	0.1	3	5	1	5	30	30
Concentrations (mg/l) **	0.005	0.05	1	0.2	0.05	5	25	30

Tableau IV - Paramètres de pollution en période de hautes et de basses eaux au niveau du bassin versant de l'oued Aïssi (MELLAL, N. 2001)

Pollution parameters in period of the high and low waters at the level of the oued Aïssi water basin

Station	Eléments Périodes	Concentrations mg/l								
		Cr	Fe	Zn	Cd	Pb	Cu	Mn	DBO	DCO
S _b	Basses Eaux (Juin 1999)	0.00	0.056	0.228	0.00	0.00	0.00	0.026	12.0	16.0
	Hautes Eaux (Janvier 2000)	0.00	1.30	0.00	0.00	1.98	0.088	0.00	3.00	27.0

période de hautes et de basses eaux, d'amont en aval de l'oued Aïssi (fig.4) et analysés par le laboratoire de l'Algérienne Des Eaux de Tizi-Ouzou (A.D.E, T.O, 2004-2005) ont fourni les résultats récapitulés comme suit : (tableau V).

II - 1. 1. Paramètres physico-chimiques

- L'exploitation des données du tableau V, nous a permis de développer une meilleure approche de l'aspect qualitatif des eaux de surface, à l'amont et à l'aval du bassin versant de l'oued Aïssi.

- L'analyse de ces mêmes données montre qu'en période de hautes et de basses eaux, d'amont en aval, le pH diminue alors que la température augmente (fig.5 et 6).

La minéralisation globale reste stable ; cependant, les teneurs en carbonates (CaCO_3) et bicarbonates (HCO_3) augmentent sensiblement comparativement aux autres éléments dont les concentrations sont conformes aux normes de l'O.M.S (Rodier, 1984) (fig.7 et 8).

La minéralisation totale, la conductivité et le titre hydrotimétrique total (T.H.T) augmentent aussi sensiblement, particulièrement en période de basses eaux (fig.9, 10 et 11).

- Les paramètres physiques tels que : le pH, la conductivité, la turbidité et la température ; ainsi que les concentrations des éléments chimiques (cations et anions) sont influencés par le barrage Taksebt à travers les phénomènes de dilution, et de précipitation. En effet au niveau du barrage,

Tableau V - Résultats d'analyses chimiques d'eaux de surface (Oued Aïssi)
(Données A .D.E, Tizi-Ouzou, Année ,2004 - 2005).

**Surface water chemical analysis result of oued Aïssi
(A.D.E., Tizi-Ouzou, 2004 - 2005)**

Périodes	Hautes eaux (22/05/2005)				Basses eaux (10/09/2005)			
	P.T*	B.T*	A.B.T*	A.P.B*	P.T*	B.T*	A.B.T*	A.P.B*
Paramètres physico-chimiques								
pH	8.21	8.28	8.06	7.94	8.36	8.49	8.16	7.97
Conductivités à 25°C(μ s/cm)	471	346	446	614	584	395	450	627
Températures (°C)	20.04	21.4	18.8	20.3	20.06	22.06	21.7	23.06
Turbidité (NTU)	1.44	3.36	1.06	40.2	0.25	2.15	1.14	28.7
Minéralisation globale (mg/l)								
Calcium : Ca ⁺⁺	68.13	38.47	66.51	56.91	51.3	32.86	53.7	44.08
Magnésium : Mg ⁺⁺	48.13	28.19	18.47	39.38	20.42	19.93	15.55	28.68
T.H.T. (°F:Degrés Français)	37.0	21.35	24.35	30.65	21.35	16.5	19.90	22.95
SAR (meq)	0.31	0.29	0.50	0.99	0.53	0.53	0.55	0.57
Sodium : Na ⁺	14.0	12.0	18.0	40.0	18.0	16.0	18.0	20.0
Potassium : K ⁺	2.0	2.0	3.0	6.0	1.0	2.0	3.0	4.0
Chlorures : Cl ⁻	37.97	40.72	30.27	49.53	50.48	46.8	35.23	49.96
Sulfates : SO ₄ ²⁻	27.6	44.2	17.3	27.6	33.0	51.01	27.00	29.70
Bicarbonates:HCO ₃ ³⁻	193.98	100.04	152.5	218.40	212.28	119.00	197.64	270.84
Minéralisation totale (mg/l)	417.21	286.82	306.05	463.82	419.08	309.80	373.12	474.46
Paramètres de pollution (mg/l)								
Ammonium : NH ₄ ⁺	0.00	0.00	0.09	>0.8	0.00	0.00	0.016	>0.08
Nitrite : NO ₂ ⁻	0.00	0.00	0.003	0.018	0.00	0.00	0.003	0.095
Nitrate : NO ₃ ⁻	2.52	0.442	2.65	0.92	3.14	0.00	2.47	2.03
PO ₄ ³⁻	0.009	0.00	0.017	0.0172	0.00	0.00	0.021	0.408
DCO (mg/l O ₂)	73.27	81.36	23.6	57.81	23.04	19.2	24.96	32.64
DBO ₅ (mg/l O ₂)	1.0	2.00	2.50	14.80	0.00	0.00	2.00	8.33
Paramètres indésirables (mg/l)								
Fer : Fe ²⁺	0.076	0.010	0.096	0.256	0.058	0.076	0.068	0.326
Légende : P.T* = Pont de Takhoukht; B.T* = Barrage Taksebt A.B.T* = Aval Barrage Taksebt; A.P.B* = Aval pont de Bougie								

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI (GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

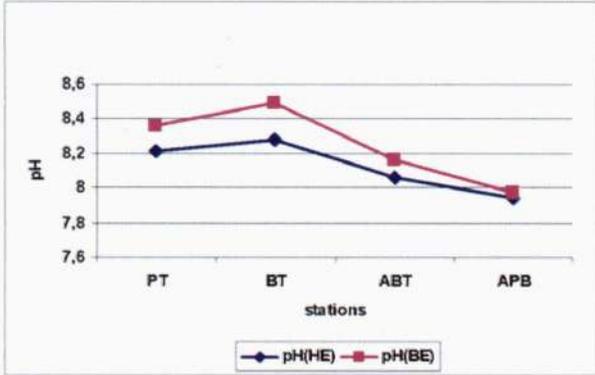


Fig. 5 - Variation du pH (périodes de hautes et de basses eaux).

Ph variation (high and low waters periods).

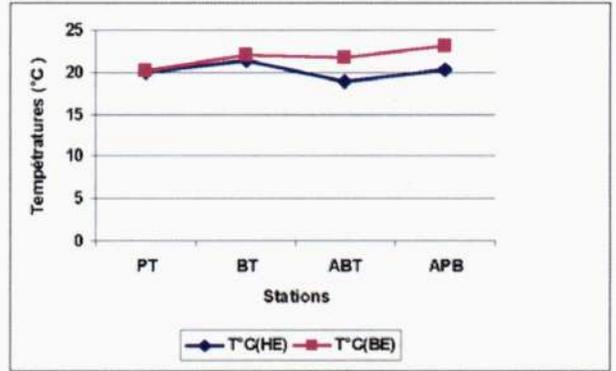


Fig. 6 - Variation de la température (périodes de hautes et de basses eaux).

Temperature variation (high and low waters periods).

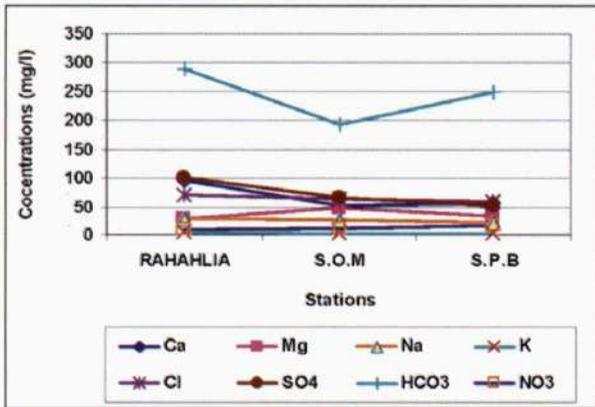


Fig. 7 - Variation de la minéralisation globale (période de hautes eaux).

Global mineralization variation (high waters period).

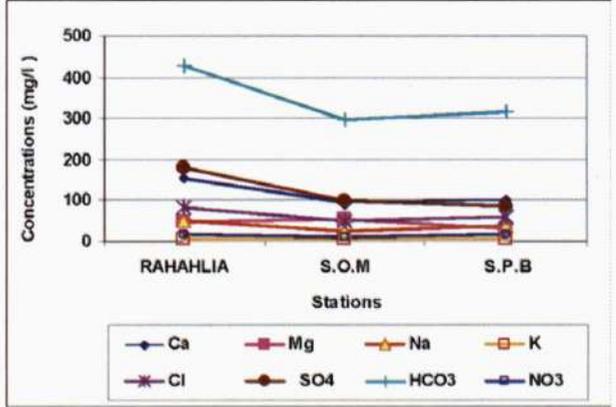


Fig. 8 - Variation de la minéralisation globale (période de basses eaux).

Global mineralization variation (low waters period).

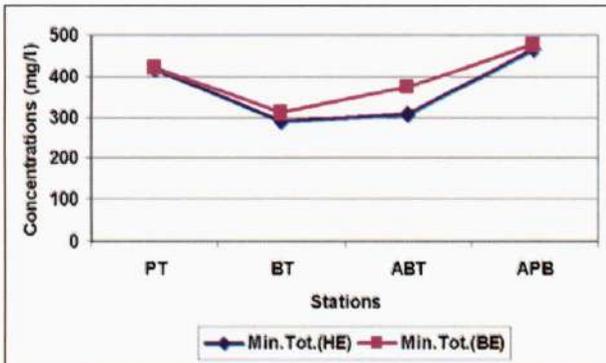


Fig. 9 - Variation de la minéralisation totale ((Périodes de hautes et de basses eaux)

Total mineralization's variation (high and low waters periods)

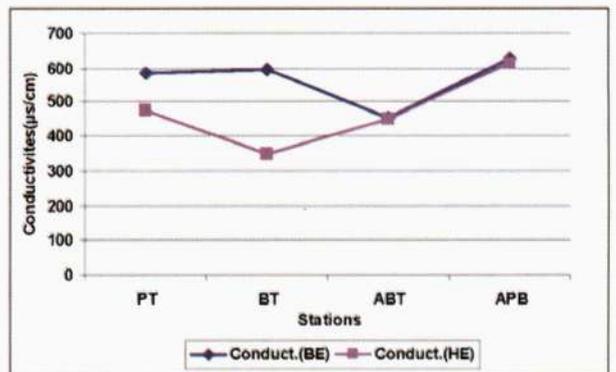


Fig. 10 - Variation de la conductivité (Périodes de hautes et de basses eaux).

Conductivity variation (high and low waters periods)

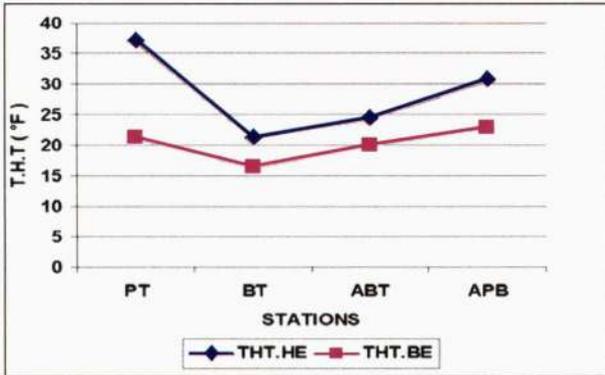
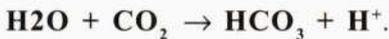


Fig. 11 - Variation du titre hydrotimétrique total (Périodes de hautes et de basses eaux)

Total hydrotimetric title variation (high and low waters periods)

le pH augmente suite à la dissolution du CO_2 de l'air et l'activité phytoplantonique (fig.5) selon la réaction d'équilibre :



La conductivité, la dureté et la minéralisation totale diminuent également suite au phénomène de dilution (fig.9, 10 et 11). Les carbonates et bicarbonates précipitent ou sont dilués (fig.7 et 8). Au niveau du pont de Bougie, les rejets de la station d'épuration de la ville de Tizi-Ouzou ont aussi un impact sur les paramètres physiques et les éléments chimiques suscités.

De ce fait, la turbidité est importante (fig.12) Rejsek, 2002); tout comme l'importance de la minéralisation en période de basses eaux qui s'explique en partie par la diminution du débit de l'oued Aïssi.

- Ces données montrent aussi qu'il s'agit d'eaux dures ($21^\circ\text{F} < \text{TH} < 37^\circ\text{F}$), incrustantes ($\text{pH} > 7$) (Tardat-Henry, 1984); de faciès chimique dominant : **Hydrogène-carbonaté magnésien** en période de hautes et de basses eaux s'exprimant par la formule:

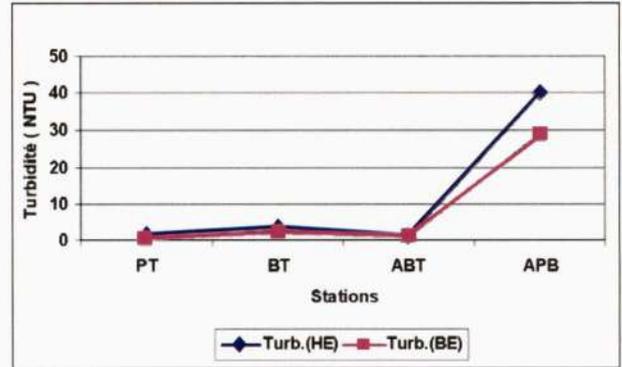
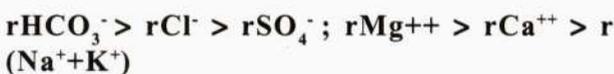
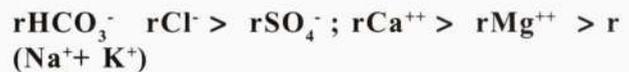


Fig. 12 - variation de la turbidité (périodes de hautes et de basses eaux)

Turbidity variation (high and low waters periods)

avec la variante en amont :



en période de hautes eaux. Les valeurs du **S.A.R.**, quoiqu'elles restent très faibles (**S.A.R. < 10 m.éq/l.**) dénotent d'une augmentation d'amont en aval et augurent d'une utilisation de ces eaux de surface pour l'irrigation, sans risque d'alcanisation des sols

II - 1 - 2. Paramètres de pollution

Avec l'accroissement démographique, l'essor industriel et l'emploi des engrais fertilisants, la qualité des eaux de surface du bassin versant de l'oued Aïssi est sujette à court terme au phénomène de pollution. Celle-ci se manifeste par la présence en périodes de hautes et de basses eaux d'éléments chimiques tels que :

NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Fe^{2+} et de **matières organiques** selon des concentrations certes inférieures aux normes de l'O.M.S (Rodier, 1996), mais suffisantes pour alerter notre vigilance et inciter l'opinion publique à prendre acte du phénomène.

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI
(GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

- En effet, les nitrates, témoins d'activités agricole et d'élevage, sont plus abondants en amont qu'en aval du barrage Taksebt où ils sont dilués.

- La matière organique, exprimée par la demande biochimique en oxygène (**D.B.O.**) se caractérise par des valeurs faibles jusqu'à l'aval du barrage Taksebt (**ABT**) puis augmentent d'une manière significative à l'aval du pont de Bougie (**APB**) (fig. 13) conférant ainsi à l'eau une qualité passable à médiocre (eau polluée) selon les critères de classification des cours d'eau de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (tableau VI).

Ces valeurs témoignent de la présence de matières organiques (**M.O**) dans les eaux provenant de la station d'épuration de la ville de Tizi-Ouzou.

Concernant les valeurs de la demande chimique en oxygène (**DCO**), celles-ci sont relativement élevées selon les mêmes critères suscités de classification de l'A.N.R.H. De ce fait les eaux sont de qualité médiocre (eaux polluées), excepté l'aval du barrage, ce qui témoigne de l'importance des matières réductrices (fig.14). Parmi les métaux lourds analysés, le fer se présente dans des concentrations inférieures aux normes de l'O.M.S. (Rodier, 1996).

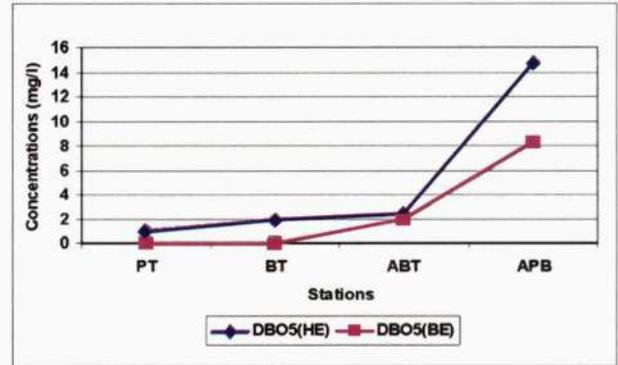


Fig. 13 - Variation de la DBO₅ (périodes de hautes et de basses eaux)

DBO₅ variation (high and low waters periods)

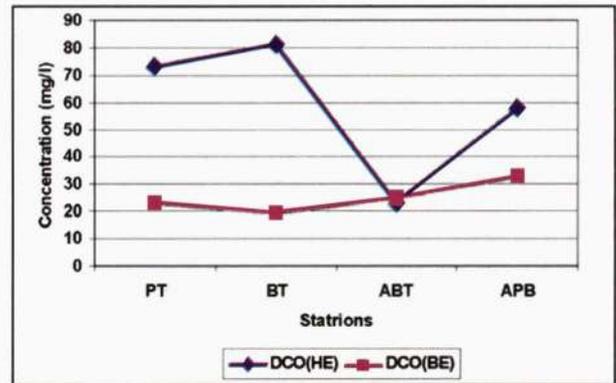


Fig. 14 - Variation de la DCO (périodes de hautes et de basses eaux.)

DCO variation (high and low waters periods)

Tableau VI - Grille de classification chimique des eaux de surface (A.N.R.H., 2000).

Surface waters chemical classification grid (A. N. R. H., 2000)

Classes	Bonne	Moyenne	polluée	Très polluée
Paramètres				
DBO ₅	< 5	5 - 10	10 -15	> 15
DCO	< 20	20 - 40	40 -50	> 50
MO	< 5	5 -10	10 -15	> 15
NH ₄	0 - 0.01	0.01 - 0.1	0.1 -3	> 3
NO ₂	0 - 0.01	0.01 - 0.1	0.1 -3	> 3
NO ₃	< 10	10 -20	20 -40	> 40
PO ₄	0 - 0.01	0.01 - 0.1	0.1 -3	> 3

II - 2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques similaires à celles des eaux de surface, par le même laboratoire de l'A.D.E. de Tizi-Ouzou (fig.4, §II-1) (tableau VII). L'interprétation des résultats obtenus permet d'affecter aux eaux le caractère d'eaux dures (THT > 25°F) et incrustantes (pH > 7). Les minéralisations ainsi que les conductivités, présentent des valeurs inférieures aux normes de potabilité (Rodier, 1978). Néanmoins, celles-ci augmentent sensiblement en période de hautes eaux suite à la recharge de l'aquifère, puis diminuent en basses eaux quand la recharge s'estompe.

Le faciès chimique **Hydrogéo-carbonaté calcique** est le plus dominant comme pour les eaux de surface et le **S.A.R < 10 m.éq. /l**

n'altère pas la qualité des eaux quand à leur utilisation pour l'irrigation.

Les paramètres de pollution représentés par : (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-}) ne présentent pas d'anomalie vis à vis des normes de potabilité de l'O.M.S. (Rodier, 1996). Du point de vue bactériologique, on relève la présence de germes totaux en période de hautes eaux et l'absence totale de coliformes, colibacilles et streptocoques fécaux en périodes de hautes et de basses eaux.

Toutes ces caractéristiques témoignent de la potabilité chimique et bactériologique de ces eaux souterraines.

En vue d'actualiser ces caractéristiques physico-chimiques et tenter de mettre en évidence leur

Tableau VII - Résultats d'analyses chimiques des eaux souterraines (d'après :
 *(Djemai. M, 1985), ** (Lakroun. A, 1995), *** (Mellal. N, 2001), **** (A.D.E, 2004)

Underground waters chemical analysis results (from : *(Djemai. M, 1985), ** (Lakroun. A, 1995), * (Mellal. N, 2001), **** (A.D.E, 2004)**

Périodes	Paramètres Forages	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	T.H.T	Cond.	Min.	T°C	pH
		mg/l	mg/l	°F	µs/cm	mg/l		
Hautes eaux	OA ₃ **	65	21	25	646	397	16	7.3
	ET-5*	60	29	27	600	426	17	7.4
	F.2000****	108.2	35	41.39	865	595	16	7.42
	F ₉ ***	97	25	34.5	566	568	16.5	7.5
	123*	60	36	29.8	900	556	18	7.2
	S.O.M****	113.8	44.2	46.62	852	586	216	7.77
	OA ₁ **	65	23	25.7	646	420	21	7.0
	S.P.B****	116.3	27.2	40.26	812	559	20	7.68
Basses Eaux	OA ₃	45	33	25	517	441	22	7.8
	ET-5	58	37	29.7	700	468	24	7.9
	F ₉ ***	74.5	32	31.8	504	538	25	7.7
	123	56	26	24.7	600	404	22	7.9
	OA ₁	45	32	25	540	423	20	8.0

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI
(GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

évolution suite à la réalisation du barrage Taksebt, des échantillons ont été prélevés d'amont en aval, en périodes de hautes et de basses eaux (fig.4, § II-1).

Les résultats des analyses physico-chimiques (tableau VIII) nous ont permis de développer les interprétations propres aux paramètres : physico-chimiques et bactériologiques.

Tableau VIII - Résultats des analyses physico-chimiques des eaux souterraines

Underground waters physico-chemical analysis results

Périodes	Hautes eaux (22/01/2006)			Basses eaux (16/08/2006)			
	Rahahlia	S.O.M*	S.P.B*	Rahahlia*	S.O.M*	S.P.B*	
Paramètres physico-chimiques							
pH	7.29	7.38	7.12	7.37	7.63	7.16	
Conductivités à 25°C (µs/cm)	1127	842	813	742	602	588	
Températures (°C)	16.7	17.5	18.3	22.1	21.5	22.5	
Turbidité (NTU)	1.03	0.65	0.20	0.2	0.1	0.2	
Minéralisation globale (mg/l)							
Calcium : Ca ⁺⁺	152.38	93.78	101.8	94.5	51.3	55.6	
Magnésium : Mg ⁺⁺	44.73	52.03	28.19	27.7	46.7	32.7	
T.H.T* (°F:DegrésFrançais)	56.59	44.84	37.04	35.02	31.95	27.35	
SAR (meq)	0.87	0.51	0.81	0.64	0.60	0.53	
Sodium : Na ⁺	48	24	36	27.5	25	20	
Potassium : K ⁺	4	3	4	5	3	2	
Chlorures : Cl ⁻	80.38	48	58.97	70.8	62	58.2	
Sulfates : SO ₄ ²⁻	179.8	96.9	84.8	101.5	65	52.4	
Bicarbonates HCO ₃ ³⁻	429.44	298.9	317.2	290.5	194.8	250.3	
Min. totale	938.73	617.31	630.96	577.3	447.8	511.4	
Paramètres de pollution (mg/l)							
Ammonium : NH ₄ ⁺	0.00	0.00	00	00	00	00	
Nitrite : NO ₂ ⁻	0.00	0.00	00	00	00	00	
Nitrate : NO ₃ ⁻	15.67	10.1	16.55	8.95	12.25	15.4	
PO ₄ ³⁻	0.00	0.00	00	00	00	00	
Paramètres indésirables (mg/l)							
Fer ferrique : Fe ²⁺	0.132	0.096	0.096	0.068	0.054	0.04	
Paramètres Bactériologiques (c/ml)							
Germes Tot.	37°C	300	500	00	40	50	300
	22°C	280	450	00	150	30	10
Coliformes tot. (100ml)		240	00	00	220	65	00
Colibacilles (c/100ml)		00	00	00	00	00	00
Strept fécaux (c/100ml)		32	09	00	00	00	00

Légende: S.O.M* : Sikh-ou-Meddour ; S.P.B* : Station de reprise du pont de Bougie
Rahahlia* : Station de pompage; T.H.T* : Titre hydrotimétrique total

II - 2 - 1. Paramètres physico-chimiques

- L'analyse des résultats physico-chimiques obtenus nous montre que les paramètres physiques tels que : le pH, la conductivité et le titre hydrotimétrique total (T.H.T) diminuent d'amont en aval (fig.15, 16 et 17).

- Le T.H.T est influencé à l'amont par les teneurs en carbonates et à l'aval par celles du magnésium (fig.18).

- Les minéralisations globale et totale diminuent d'amont en aval (fig.19, 20 et 21).

- Les eaux sont incrustantes ($\text{pH} > 7$), dures à très dures ($21\text{ }^\circ\text{F} < \text{T.H.T} < 57\text{ }^\circ\text{F}$).

- Le faciès chimique dominant est de type **Hydrogène-carbonaté calcique** s'exprimant par la formule caractéristique : $r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^- > r\text{Cl}^- ; r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++} > r(\text{Na}^+ + \text{k}^+)$.

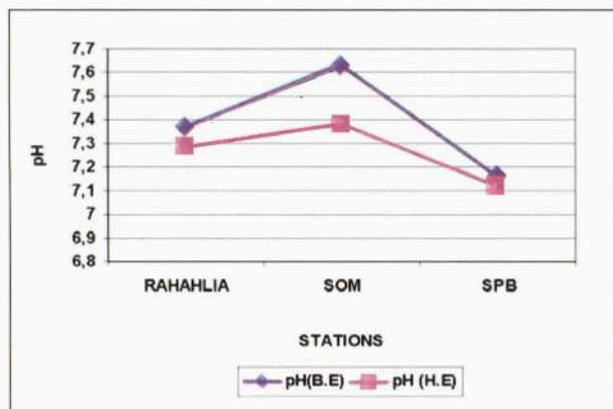


Fig. 15 - Variation du pH (périodes de hautes et de basses eaux).

pH variation (high and low waters periods)

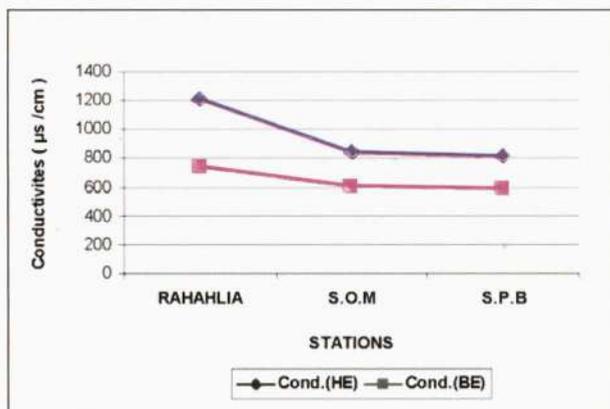


Fig. 16 - Evolution de la conductivité (périodes de hautes et de basses eaux).

Conductivity evolution (high and low waters periods)

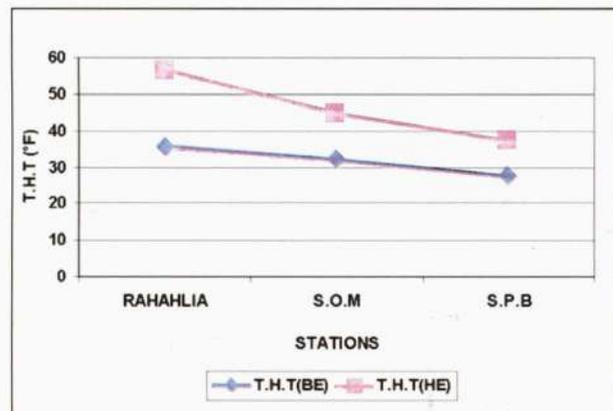


Fig. 17 - Variation du titre hydrotimétrique total (périodes de hautes et de basses eaux).

Total hydrotimetric title variation (high and low waters periods)

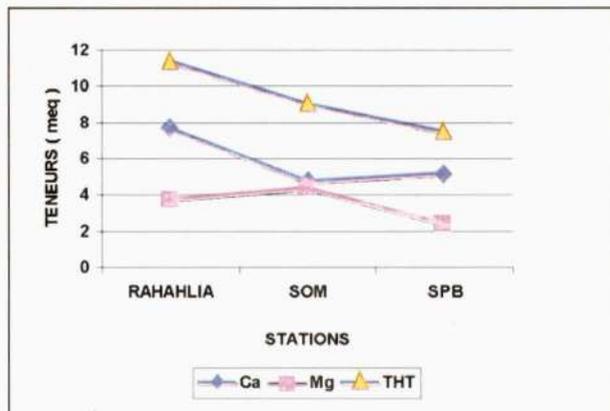


Fig. 18 - Evolution de Ca, Mg et T.H.T (période de basses eaux).

Ca, Mg and T. H. T. evolution (Low waters period)

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI
(GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

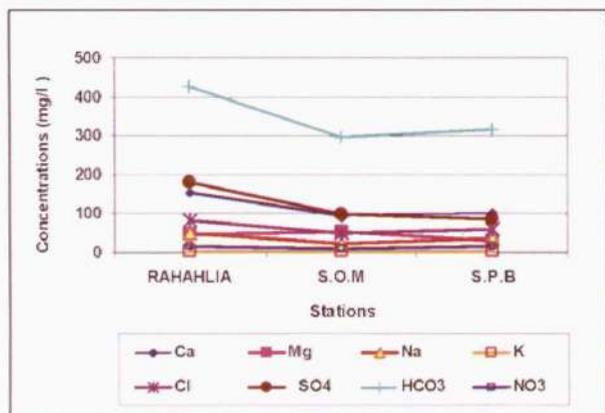


Fig. 19 - Evolution de la minéralisation globale (période de hautes eaux).

*Global mineralization evolution
(high waters period)*

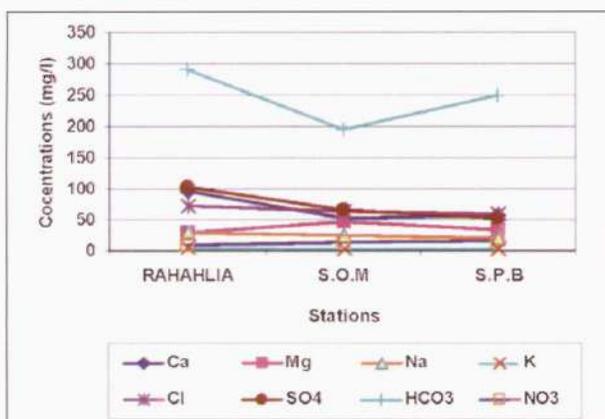


Fig. 20 - Evolution de la minéralisation globale (période de basses eaux).

*Global mineralization evolution
(low waters period)*

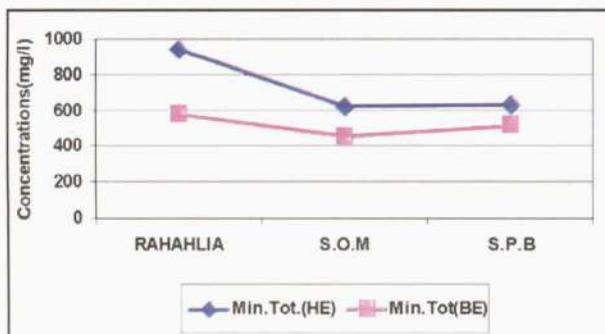


Fig. 21 - Evolution de la minéralisation totale (périodes de hautes et de basses eaux).

*Total mineralization evolution
(High and low waters periods)*

- La minéralisation globale se présente dans des concentrations inférieures aux normes de potabilité selon la directive du conseil des communautés européennes du 15 juillet 1980 (Rodier, 1996).

- L'ensemble de ces résultats témoigne de la bonne qualité physico-chimique des eaux de la nappe alluviale de l'oued Aïssi.

- Les faibles valeurs du S.A.R (S.A.R < 10 m.eq/l) plaident quand à elles, pour l'utilisation des eaux pour l'irrigation sans risque d'alcalinisation des sols.

II - 2 - 2. Paramètres de pollution

Les eaux souterraines à l'instar des eaux de surface, peuvent être contaminées par des polluants d'origines diverses : domestiques, agricoles et industrielles, lors du processus d'infiltration. A travers les analyses physico-chimiques, les concentrations en (NH_4^+ , NO_2^- , PO_4^{3-}) sont nulles en périodes de hautes et de basses eaux, ce qui témoigne d'une absence de pollution par ces derniers.

L'absence de ces éléments en particulier celle de l'ammonium (NH_4^+) peut être expliquée par l'oxydation de ce dernier en nitrite puis en nitrates suivant les réactions de (Nitritation):



et de (Nitratation) :



Les nitrates (NO_3^-) provenant particulièrement des engrais fertilisants sont omniprésents d'aval en amont, en période de hautes et de basses eaux, selon des concentrations équivalentes, mais toujours inférieures aux normes (Normes Françaises : Rodier, 1996).

II - 2. 3. Paramètres bactériologiques

Pour qu'elle soit complète, la potabilité d'une eau, doit l'être du point de vue chimique et bactériologique. En effet, du point de vue bactériologique une eau doit être exempte de tout micro-organisme ou germe pathogène nuisible à la santé. Or, tel n'est pas le cas de nos analyses, qui s'illustrent par des concentrations importantes en germes et coliformes totaux, d'amont en aval, en période de hautes et de basses eaux. C'est le cas de la station de pompage de Rahahlia dont les teneurs sont supérieures aux normes de potabilité de l'O.M.S (Degremont, 1989). Leur présence peut être liée à la recharge de la nappe alluviale en période de hautes eaux suite aux infiltrations des eaux de surface polluées par les eaux usées provenant des rejets domestiques des agglomérations en amont.

II - 3. Relations eaux de surface - eaux souterraines

Les eaux de surface et souterraines du bassin versant de l'oued Aïssi, présentent d'amont en aval, et en période de hautes et de basses eaux des caractéristiques physico-chimiques semblables. En effet, ce sont des eaux incrustantes ($\text{pH} > 7$), de duretés moyenne à forte ($21^\circ\text{F} < \text{T.H.T} < 57^\circ\text{F}$). Leurs minéralisations globales se présentent dans des concentrations inférieures aux normes, ce qui leur confère un bon caractère de potabilité chimique. Elles sont caractérisées par un faciès chimique dominant de type : **Hydrogéo-carbonaté calcique** qui témoigne de l'origine d'une source d'alimentation. Cette similitude entre leurs caractéristiques physico-chimiques souligne les rapports étroits existant entre les eaux de surface et souterraines (nappe phréatique sous-jacente), lesquels sont en relation avec l'alimentation de la nappe par l'oued Aïssi en période de hautes eaux et l'arrêt de celle-ci en période de basses eaux. C'est la raison pour laquelle on enregistre une pollution

de type bactérienne provenant des rejets domestiques des agglomérations situées sur les hauteurs du bassin versant.

III. CONCLUSION

Au terme de nos investigations, l'analyse des données et l'interprétation des résultats d'analyses nous ont permis d'acquérir les singularités spécifiques des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques relatives aux eaux de surface et souterraines du bassin versant de l'oued Aïssi, lesquelles peuvent être récapitulées ainsi :

- Les eaux de surface et souterraines portent l'empreinte des faciès géologiques traversés. En effet leurs compositions chimiques sont caractérisées par la prédominance des carbonates, bicarbonates et magnésium provenant de la chaîne calcaire et du socle métamorphique; ce qui leur confère les faciès chimiques de type : **Hydrogéo-carbonaté calcique** et **Hydrogéo-carbonaté magnésien**.
- Les valeurs du pH et celles du titre hydrochimétrique total, permettent de classer les eaux dans la catégorie d'eaux incrustantes, de duretés moyenne à forte.
- Les paramètres physiques ainsi que la minéralisation globale évoluent peu dans le temps, mais restent tributaires des conditions hydroclimatiques. En effet, les eaux sont beaucoup plus minéralisées en amont, plus particulièrement en période de hautes eaux.
- L'influence du barrage Taksebt est mise en évidence par la diminution de la concentration des éléments chimiques sous l'effet du phénomène de dilution. Les concentrations des éléments chimiques sont conformes aux normes de potabilité chimique des eaux pour l'alimentation en eau potable (A.E.P) et celles destinées à l'irrigation sans danger d'alcalinisation des

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX DU BASSIN VERSANT DE L'OUED AÏSSI
(GRANDE KABYLIE, ALGÉRIE)

sols, vu les faibles valeurs du taux d'adsorption du sodium (S.A.R).

- Les eaux de surface présentent une demande biochimique en oxygène (DBO) significative qui témoigne de la présence de matières organiques, et une demande chimique en oxygène (DCO) relativement élevée soulignant la présence importante de matières réductrices. La quantification de ces deux paramètres, met en évidence leur caractère d'eaux polluées.

- Il existe une relation étroite entre les eaux de surface et souterraines qui se manifeste par la similitude de leurs caractéristiques physico-chimiques dans l'espace et le temps. En effet, la présence en amont de germes totaux, coliformes, colibacilles ainsi que les streptocoques fécaux dans les eaux souterraines est un indice de pollution générée par l'infiltration des eaux de ruissellement ayant véhiculé des rejets domestiques amont. Ces infiltrations sont aussi à l'origine de la présence des nitrates issus en partie des engrais fertilisants. Les eaux de surface et souterraines ne sont pas à l'abri de tout autre type de pollution (métaux lourds) ayant pour origine les rejets des unités industrielles.

- A travers l'ensemble de ces résultats, il ressort que les eaux souterraines du bassin versant de l'oued Aïssi présentent des caractéristiques physico-chimiques conformes aux normes de potabilité requises pour les eaux de consommation. Ces eaux nécessitent néanmoins un traitement bactériologique approprié. En revanche, les eaux de surface présentent un degré de pollution avancé en amont et en aval, suite aux rejets domestiques. Elles nécessitent donc un traitement physico-chimique et bactériologique assez poussé pour pouvoir être utilisé sans aucun préjudice de quelque nature qu'elle soit.

- Ainsi, par mesure de prévention et pour limiter tout risque de pollution, il est urgent :

- d'instaurer un contrôle rigoureux des rejets domestiques et industriels générés par l'accroissement démographique et l'essor industriel en réalisant des stations d'épuration appropriées aux agglomérations et unités industrielles à assainir.

- d'assurer une gestion rationnelle d'extraction des alluvions qui expose et augmente la vulnérabilité de la nappe alluviale vis à vis de la pollution par le biais de l'infiltration des eaux de surface.

- de réglementer l'activité agricole aux abords immédiats des forages d'exploitation en délimitant des périmètres de protection rapprochée.

BIBLIOGRAPHIE

ALGÉRIENNE DES EAUX, TIZI-OUZOU (A.D.E, T.O), 2004-2005. Données physico-chimiques.

AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRIQUES DE TIZI-OUZOU (A.N.R.H., TO), 2005. Données hydro-climatiques du bassin versant de l'oued Aïssi.

AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRIQUES (A.N.R.H., Alger), 2000. Grilles de classification des eaux de surface.

BENHASSAINE, M. 1980. Recherche sur les modèles de relief et les formations superficielles dans la vallée de l'oued Sébaou. *Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Paris VI*, 282p.

BOSSIERE, G ET RAYMOND, D. 1975. Les massifs du socle « Kabyle » de la feuille Dellys-Tizi-ouzou (Grande Kabylie, Algérie). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, t.65, Fasc.1/2, p.141-164, 11 Fig. Alger.

CHADRINE, Y. 1975. Etude hydrogéologique de la nappe de l'oued Sébaou. Service hydrogéologique, *A.N.R.H, Alger*, 82p.

COUTELLE, A. 1976. Les grands traits stratigraphiques et structuraux du Djurdjura (Grande Kabylie), Algérie.

- DEGREMONT, 1989.** Mémento technique de l'eau. *Tome 1, édition du cinquantenaire, 9^{ème} édition, Paris, 592p*
- DJEMAI, M. 1985.** Hydrologie du bassin versant du haut Sébaou. Hydrogéologie des formations alluviales (Algérie). *Thèse doct. Ing. géol. Appl. (Hydrogéol.), U.S.M. Grenoble (France), 261p.*
- FLANDRIN, J. 1952.** La Chaîne du Djurdjura. *XIXe congr. Géol. intern. Monogr. région. n°19, 43p, 1 fig., 4 pl. Alger.*
- GROSLAUDE, G. 1999.** L'eau : usage et polluants, éd. *INRA.*
- LAKROUN, A. 1995.** Etude d'aménagement et d'entretien de la rivière du haut Sebaou (Grande Kabylie) : Approche et méthodologie en vue de la protection contre la pollution, l'augmentation des potentialités en eau et la récupération des terres agricoles. *Thèse Magister, Univ. Tizi-Ouzou, 194p*
- LAMAS, J. 1993.** Hydrologie générale. Principes et applications, éd. *Gaëtan Morin, Québec, Canada, 527p.*
- MELLAL, N. 2001.** Etude de la qualité des eaux naturelles du bassin versant du Sébaou. Pollution, protection et conservation de ces eaux. *Thèse Magister, Univ. Tizi-Ouzou, 227p*
- NATIONAL EAU ENVIRONNEMENT (N.E.E). 2005.** Etude du système d'épuration de la cuvette de Taksebt; *étude préliminaire.*
- RAYMOND, D. 1976.** Evolution sédimentaire et tectonique du nord-ouest de la Grande Kabylie (Algérie), au cours du cycle alpin. *Univ. Pierre et Marie Curie. Thèse doct. d'état, sci. nat. Paris, 156p.*
- RECENSEMENT GÉNÉRAL PAR HABITANT (R.G.P.H.), 1998.** Daïra de Ouacif.
- REJSEK, F. 2002.** Analyse des eaux. Aspect réglementaire et technique. *Service culture, Edition, ressources pour l'éducation nationale, CRBP d'aquitaine. 360p*
- RODIER, J. 1975.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Tome 2, 5^{ème} éd. Ed. Dunod, Paris. 1136p.*
- RODIER, J. 1978.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *7^{ème} édition, éd. Dunod, Paris. 1127p.*
- RODIER, J. 1984.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *8^{ème} édition, éd. Dunod, Paris. 1365p.*
- RODIER, J. 1996.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *8^{ème} édition, Dunod, Paris, 1383p.*
- TARDAT-HENRY, M. 1984.** Chimie des eaux, éd. «*le Griffon d'argile Inc.*», 1^{ère} éd. revue et corrigée, *bibliot. Nat. du Québec, Canada, 340 p.*