



L'essentiel de l'information
scientifique et médicale

www.jle.com

Le sommaire de ce numéro

http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/sommaire.md?type=text.html



Montrouge, le 07/12/2009

L. Mouni

Vous trouverez ci-après le tiré à part de votre article en format électronique (pdf) :
Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie)

paru dans

Sécheresse, 2009, Volume 20, Numéro 4

John Libbey Eurotext

Ce tiré à part numérique vous est délivré pour votre propre usage et ne peut être transmis à des tiers qu'à des fins de recherches personnelles ou scientifiques. En aucun cas, il ne doit faire l'objet d'une distribution ou d'une utilisation promotionnelle, commerciale ou publicitaire.

Tous droits de reproduction, d'adaptation, de traduction et de diffusion réservés pour tous pays.

© John Libbey Eurotext, 2009

Lotfi Mouni
Djoudi Merabet
Hamid Arkoub
Karim Moussaceb

Laboratoire de technologie des matériaux
et de génie des procédés (LTMGP)
Université de Bejaia
Targa-Ouzemour 06000
Algérie
<lotfimouni@Gmail.com>
<dmerabet@yahoo.fr>
<arkoub1dz@yahoo.fr>
<moussaceb_k@yahoo.fr>

Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie)

Résumé

Dans le bassin de la Soummam (Nord-Est de l'Algérie), les données concernant la qualité des eaux de rivière et les caractéristiques des sources de pollution sont peu nombreuses. De même les interventions à des fins d'amélioration de la qualité des eaux ne sont pas toujours effectuées. Nous avons tenté de suivre l'évolution de la qualité des eaux de cette rivière. L'oued Soummam a subi et continue de subir des dégradations importantes, suite aux déversements des déchets industriels ainsi qu'à l'augmentation observée jour après jour des points de déversement des eaux usées domestiques. L'utilisation des eaux de l'oued pour l'irrigation pose un problème majeur de santé publique. La stratégie d'échantillonnage développée dans ce travail repose sur l'analyse des eaux d'amont en aval de l'oued Soummam, les échantillons prélevés ont été analysés systématiquement en vue de mesurer tous les paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution : DCO (demande chimique en oxygène), DBO₅ (demande biochimique en oxygène sur 5 jours), oxygène dissous (OD), métaux lourds, nitrates et nitrites, azote ammoniacal, phosphates, sulfates, chlorures, etc. Les résultats trouvés montrent que, quel que soit le jour de prélèvement, le cours d'eau est exposé à une forte pollution d'origine principalement organique. Cette pollution est exprimée par une DCO et une DBO₅ très élevées, dépassant largement la norme requise. Des corrélations entre les paramètres de pollution ont été effectuées afin de donner un élément de réponse sur les causes principales de la pollution.

Mots clés : bassin-versant, eaux usées domestiques, effluents industriels, pollution.

Abstract

Study and physicochemical characterization of Soummam water river (Algeria)

The Soummam river in Algeria underwent and continues to undergo significant degradation due to both anarchistic discharge of industrial waste and the constantly increasing points of discharge of domestic worn water. The use of river water in irrigation poses a major problem of public health. The bad smells during dry periods, added to the irrevocable damage caused to the beauty of the site, are an attack on the environment and blatant disrespect of nature. A sampling design was established and river water was sampled to measure all its physicochemical indicators of pollution (DCO, DBO₅, OD, heavy metals, nitrates and nitrites, nitrogenized ammoniacals, phosphates, sulphates, chlorides, etc). Results showed the deplorable state of the medium and pollution, especially organic pollution, of the river water.

Key words: domestic waste water, industrial waste, pollution, river water quality, watershed.

Les villes, l'agriculture et l'industrie rejettent, volontairement ou accidentellement, de manière concentrée ou répartie, d'importantes quantités de matière

et de chaleur dans les eaux de surface, en particulier dans les rivières. On cherche généralement ainsi à évacuer et à disperser des déchets [1]. Il est souvent bien

difficile de faire la part du naturel et de l'artificiel dans des cours d'eau soumis depuis des siècles à l'influence humaine. Cette influence ne se manifeste d'ailleurs pas seulement par des rejets d'eaux usées mais aussi, par la transformation physique des bassins versants et du lit des rivières. Certaines circonstances exceptionnelles telles que la pollution, la sécheresse permettent de mesurer la pression exercée sur les cours d'eau du fait de l'activité humaine [2, 3].

Le problème de l'eau est préoccupant, non seulement si on le considère du point de vue quantité, mais encore, et davantage peut-être, sous l'aspect de la qualité. Il ne semble pas, en effet, qu'il soit possible d'accroître sensiblement les ressources en eau naturelle : sources, puits et forages. Force est donc de recourir, tant pour l'eau potable que pour l'eau industrielle, aux eaux de surface telles que les eaux de rivières. Ces dernières, encore relativement propres au début du XIX^e siècle, sont malheureusement exposées de plus en plus à la pollution, sous la forme de rejets d'effluents industriels ou domestiques, et deviennent progressivement impropres à tout usage, sans un traitement préalable. Ce dernier est souvent compliqué et onéreux. Assurer une bonne alimentation en eau ne suffit donc plus. Il faut éviter aussi que l'eau après usage, dite eau usée, contamine les eaux souterraines, les rivières et les lacs, les rendant ainsi impropres à la consommation et à l'utilisation industrielle. Il devient donc de plus en plus nécessaire de contribuer à la réalisation d'un double programme, consistant à conserver et à protéger l'eau. Pour cela, une meilleure connaissance sur le plan analytique de la pollution des cours d'eau est indispensable.

La vallée de la Soummam en Algérie, avec une superficie de 9 125 km² reçoit une quantité importante d'eau, estimée à environ 700 millions de mètres cubes par an. On compte cinq unités industrielles potentiellement polluantes dans la vallée et ces dernières déversent au total un volume estimé à 4 804 m³/j d'eau usée. On compte également plus de 47 stations de lavage graissage, qui déversent leurs eaux usées directement dans l'oued sans aucun traitement préalable [4, 5].

Par ailleurs, les quantités d'eaux usées domestiques déversées dans l'oued sont importantes. Elle sont de l'ordre de 29 810 m³/j. De même, les décharges non contrôlées investissent la vallée et reçoivent une quantité très importante de déchets solides estimée à 24 195 m³/j. À ces différentes sources de pollution s'ajoutent la sécheresse en période d'été et la diminution du débit de l'oued suite à l'utilisation de ses eaux pour l'irrigation

[5-7]. Tous ces facteurs entraînent des répercussions négatives sur la santé des riverains, au vu des odeurs nauséabondes et de la possibilité de propagation des maladies à transmission hydrique. Par ailleurs, le risque de contamination de la nappe phréatique n'est pas à écarter suite aux infiltrations. Le présent travail se propose d'établir un diagnostic de la qualité de l'eau de l'oued Soummam afin de connaître l'état réel de la qualité des eaux et de déterminer le type et l'origine de la pollution. Cette étude est basée sur des mesures de paramètres physico-chimiques réalisées chaque semaine en étiage durant les mois de juin et juillet de l'année 2003, à quatre points de prélèvements.

Présentation de la vallée de l'oued Soummam

La vallée de la Soummam se situe à environ 230 km à l'est d'Alger et appartient administrativement à la wilaya de Bejaia [6]. Troisième fleuve d'Algérie, situé à la charnière de la Basse et de la Haute Kabylie, l'oued Soummam est formé de la confluence de l'oued Sahel qui descend des montagnes du Djurdjura et du plateau de Bouira, et de l'oued Bou Sellam qui descend du plateau Sétifien. Il se jette dans la mer Méditerranée à Béjaia après un cours de 80 km environ orienté Sud-Ouest – Nord-Est [6, 8]. La superficie du bassin-versant de l'oued Soummam est d'environ 8 800 km² (à l'embouchure). Ce dernier couvre une région essentiellement montagneuse caractérisée par un réseau hydrographique très marqué et bien alimenté, ayant provoqué des érosions profondes [6, 8].

Les montagnes s'arrêtent à quelques kilomètres de la mer. Le versant nord, le plus abrupt, est souvent bordé de terrasses alluviales fertiles ; la première ligne de crête culmine aux environs de 1 000 m et les pentes varient entre 15 et 30 % ; de nombreux torrents de faible bassin-versant, exception faite de l'oued Roumila, dévalent les lignes de plus grandes pentes. Le versant sud est constitué de collines plus basses s'élevant progressivement par une succession de croupes ; il est plus irrégulier et creusé par des oueds (Seddouk, Imoula, Amassine, Amizour) plus importants. Ces pentes sont plus variables et souvent plus importantes que celles du versant opposé ; en revanche, les terrasses alluviales sont rares [6, 8].

Géologie

Le bassin-versant de l'oued Soummam est dans ses grandes lignes constitué, sur la rive gauche, par de l'Oligocène traversé par des formations du Crétacé inférieur, du Miocène apparaît dans la partie aval, en bordure de l'oued. Des terrasses alluviales importantes tapissent en général le pied des pentes sauf dans la région de Sidi-Aich où le Crétacé apparaît jusque dans le lit. Sur la rive droite il est en majeure partie formé de Crétacé inférieur moyen et supérieur. Les terrasses alluviales sont beaucoup plus restreintes [2].

Climat

La Soummam présente trois types de climats :

- humide sur le bassin-versant nord ;
- subhumide le long de la Soummam entre Sidi-Aich et Bejaia, cette zone reçoit une bonne pluviométrie de 600 à 900 mm avec des températures qui oscillent entre 24 et 28 °C [7] ;
- et une zone semi-aride le long de la vallée de la Soummam entre Tazmalt et Sidi-Aich qui est caractérisée par une faible pluviométrie de 400 à 600 mm et des températures plus élevées en été. Les vents dominants sont des vents du nord-ouest (marins) qui s'engouffrent facilement dans la vallée [9].

Démographie

La population de la vallée de la Soummam est dense (150 à 300 habitants au km²) et la majorité est regroupée dans les villages de la montagne. Le nombre des habitants des communes qui sont en relation avec l'oued Soummam est de 490 423 habitants.

Ressources hydriques

Pour les eaux souterraines, il a été mis en évidence la présence, sous les alluvions, d'un réservoir s'étalant de Tazmalt à Sidi-Aich et de Sidi-Aich à Bejaia (figure 1). La division en deux zones de cette réserve se justifie par la présence à Sidi-Aich d'un seuil géologique qui, du point de vue hydraulique, constitue en quelque sorte une barrière (figure 2). L'alimentation des deux nappes se fait par l'oued Sahel, l'oued Soummam, leurs affluents et les précipitations ainsi que les alluvions miocènes. En ce qui concerne les ressources superficielles, le bassin-versant de l'oued Soummam est entaillé de nombreux cours d'eaux, dont le principal est l'oued Soummam avec des débits qui montrent de grandes irrégularités intermensuelles et saisonnières. À son embouchure, il présente un apport annuel moyen de 733 m³/an [7].

Origine de la pollution de l'oued Soummam

La plupart des centres urbains situés le long de la vallée de la Soummam déversent leurs eaux usées directement dans l'oued [7, 8]. La quantité d'eau usée domestique

déversée dans l'oued Soummam et ses affluents est de l'ordre de 29 800 m³/j. Les rejets des unités installées dans la zone industrielle de Taharacht Akbou, celles de la zone industrielle d'Ouzellaguen et celles des 47 stations de lavage et graissage ainsi que des fabricants de carrelage se déversent directement dans

l'oued Soummam. Les stations services (lavage, graissage) sont génératrices également de pollution ; leurs eaux usées chargées en matières organiques déversées telles qu'elles dans les réseaux d'assainissement ou directement dans les cours d'eau avoisinants aboutissent dans l'oued Soummam. La quantité globale d'eaux usées industrielles déversée dans l'oued et ses affluents est d'environ 4 800 m³/j.

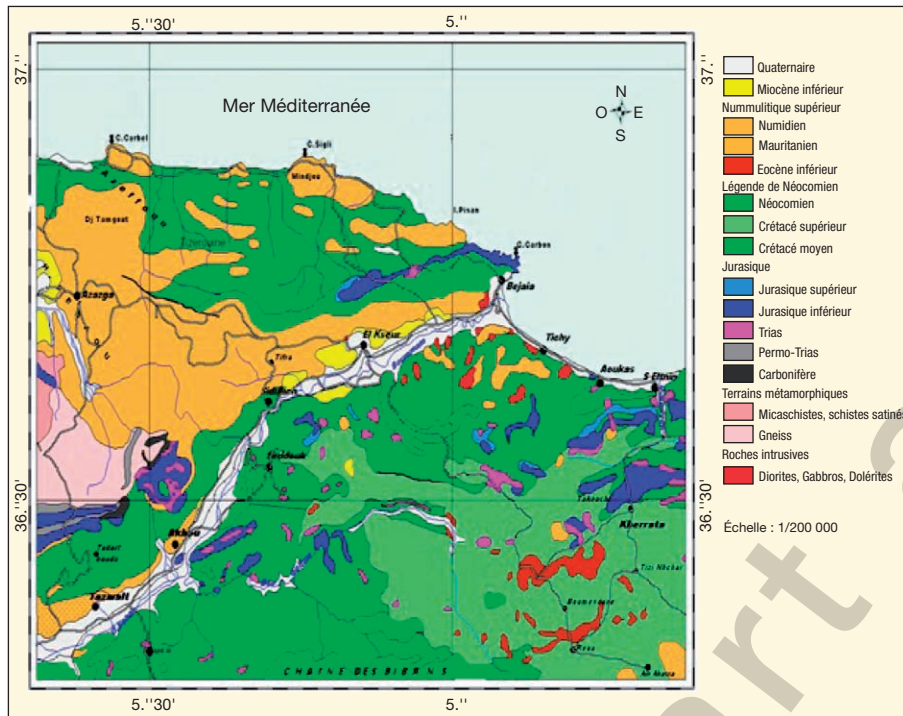


Figure 1. Carte géologique de la région d'étude (extraite de la carte géologique Nord Constantine de 1/500 000).

Étude qualitative et quantitative

Dans le but d'évaluer la qualité de l'eau de l'oued un plan d'échantillonnage a été établi et des points de prélèvements ont été arrêtés. Ces points ont été choisis de façon à représenter les endroits les plus affectés [10, 11]. En fait, les points de prélèvements doivent être choisis de préférence là où les variations sensibles de qualité sont probables, c'est-à-dire là où il y a un usage important de la rivière, rejets ou prélèvements. Dans le cadre de notre étude nous avons opté pour quatre points de prélèvement jugés comme étant les plus représentatifs (figure 2).

Localisation des stations

Le positionnement des stations a été fait aux endroits les plus suspectés tels que les zones de déversement des différents affluents. Les stations ont été choisies comme indiqué dans le tableau 1.

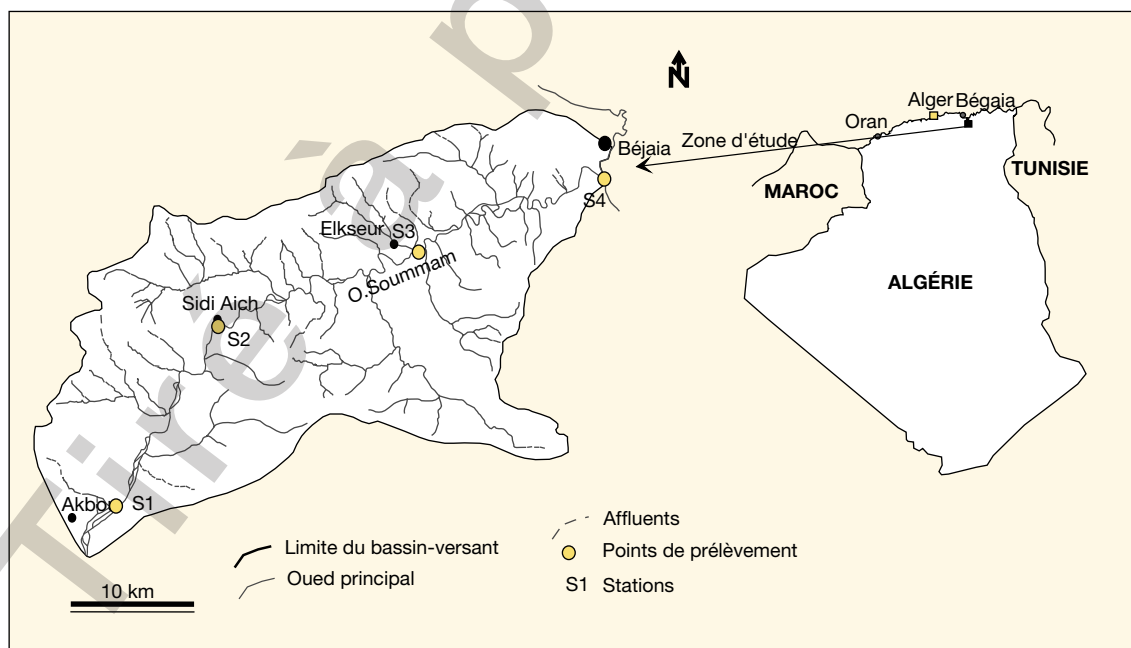


Figure 2. Carte schématique de la zone d'étude avec localisation des points de prélèvements.

Tableau 1. Localisation des stations de prélèvements.

Station	Distance de l'embouchure (km)	Localisation
S1	75	Akbou
S2	52	Sidi-aïch
S3	33	El-kseur
S4	1	Embouchure

Matériel et méthode

Les échantillons d'eau ont été prélevés chaque semaine en quatre points et à travers la largeur de la rivière pour les quatre emplacements durant la période d'étude (juin-juillet 2003). Pour la conservation et le transport de l'eau de la rivière au laboratoire on a suivi la méthode standard [12, 13]. Tous les paramètres sont mesurés au Laboratoire de technologie des matériaux et de génie des procédés (LTMGP) - université de Béjaïa, à l'exception de la température, de la teneur en oxygène, du pH et de la conductivité qui ont été mesurés sur place. En ce qui concerne la couleur, elle a été évaluée *de visu* sur les lieux de prélèvement. La température est mesurée avec un thermomètre à mercure ordinaire et le pH est mesuré avec un pH mètre de terrain de type PHYWE. L'oxygène dissous est mesuré à l'aide d'un

oxymètre portatif PIONEER 20 muni d'une sonde à oxygène dissous de type DOX20T et la conductivité est donnée directement par un conductimètre de terrain W.T.W 1330 muni d'une cellule de mesure de type LR 325/01 à compensation thermique. Les matières en suspension (MES) ont été déterminées par filtration sous vide. La concentration en matière organique biodégradable a été évaluée par mesure de la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅). Ce paramètre représente la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes durant ce temps afin de dégrader la matière organique biodégradable existante dans l'échantillon. La demande chimique en oxygène (DCO) quant à elle, mesure, en général, toutes les matières organiques, qu'elles soient ou non biodégradables. L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique ; elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (dichromate de potassium) et au reflux pendant 2 heures. Dans ces conditions, la plupart des matières organiques sont oxydées en CO₂ et H₂O [13-16]. D'autres paramètres ont été mesurés par spectrophotométrie, tels que : nitrates, nitrites, phosphates, azote ammoniacal et sulfates. Le dosage des métaux lourds (plomb, zinc, cuivre, fer, nickel, cadmium) pour chaque échantillon d'eau prélevé a été réalisé par spectrométrie

d'absorption atomique. La concentration en chlorures a été déterminée par volumétrie et la quantité de matières en suspension a été obtenue par pesée différentielle du filtre avant et après filtration [13, 14]. Les résultats des analyses obtenues pour différents échantillons sont présentés dans les *tableaux 2, 3 et 4*.

Résultats et discussion

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de DBO₅ mesurées sont comprises dans la fourchette de 12,25 à 114,3 mg/L (*tableaux 2 à 4*). Toutes les valeurs de DBO₅ trouvées dépassent largement la norme (25 mg/L) à l'exception de celles trouvées lors du cinquième prélèvement où toutes les valeurs sont inférieures à la norme. Globalement, les concentrations en DBO₅ diminuent de la première station à la deuxième, puis elles augmentent de la deuxième à la quatrième et cela pour le deuxième et les trois derniers prélèvements. Par ailleurs, on a remarqué une augmentation graduelle de la concentration en DBO₅ de la première à la dernière station. En fait, ces valeurs élevées sont dues au volume important d'eaux usées domestiques déversées par chaque commune ainsi qu'aux effluents des établissements industriels. Les valeurs les plus élevées en

Tableau 2. Résultats d'analyses physico-chimiques des deux premiers prélèvements.

Paramètres	Prélèvements								Normes
	1 ^{er} prélèvement (23/06/2003)				2 ^e prélèvement (01/07/2003)				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
T (°C)	23	21	24	26	27	25	28	28	25
pH	7,74	8,00	8,20	8,18	8,45	8,18	8,17	8,75	6 à 9
CE (ms/cm)	3,08	2,96	2,95	5,48	3,08	2,99	2,95	6,81	1,5
OD (mg/L)	9,3	9	8,6	7,9	6,9	6,8	6,5	6,3	>5
DBO ₅ (mg/L)	33,9	38,25	36,20	75	43,70	37,20	63,22	114,3	25
DCO (mg/L)	67,2	44,8	56,0	151,2	65,52	55,44	92,42	196,6	40
Cl ⁻ (mg/L)	399	355	352,8	887,5	724,2	653,2	648,94	2 307	200
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,57	0,5	0,55	0,92	0,94	0,55	0,29	0,51	0,1
NO ₃ ⁻ (mg/L)	25,8	26,93	70,55	56,37	67,56	50,21	39,87	87,12	44
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,113	0,18	0,55	1,25	2,1	2,2	1,65	1,75	2
PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0,068	0,23	0,082	0,042	0,025	0,09	0,044	0,106	0,7
SO ₄ ⁻² (mg/L)	248	376	328	620	680	500	530	1 300	250
MES (mg/L)	113,58	42,91	83,91	62,58	183,91	124	182,5	198,6	30
Fe ⁺² (mg/L)	14,72	4,01	0	0,87	0	0	0,09	0,58	1,5
Cu ⁺² (mg/L)	0,236	0,208	0,205	0,200	0,192	0,186	0,187	0,239	1
Cd ⁺² (mg/L)	0,74	0,96	0,18	0,67	0,87	0,37	0,21	0,96	1
Pb ⁺² (mg/L)	2,76	1,58	2,29	3,18	2,08	1,49	0,63	1,84	5
Zn ⁺² (mg/L)	0,0302	0,391	0,149	0,088	0,0537	0,427	0,101	0,97	5

CE : conductivité électrique ; OD : oxygène dissous ; DBO₅ : demande biochimique en oxygène sur 5 jours ; DCO : demande chimique en oxygène ; MES : matières en suspension.

Tableau 3. Résultats d'analyses physico-chimiques des troisième et quatrième prélèvements.

Paramètres	Prélèvement								Normes
	3 ^e prélèvement (08/07/2003)				4 ^e prélèvement (14/07/2003)				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
T (°C)	23	24	26	25	28	29	28	29	25
pH	7,76	8,17	8,42	7,95	7,78	8,42	8,67	7,22	6 à 9
CE (ms/cm)	3,28	2,93	3,33	16,33	9,17	2,97	2,92	10,98	1,5
OD (mg/L)	8,70	8,20	7,95	6,40	5,40	5,20	5,10	4,60	>5
DBO ₅ (mg/L)	37,5	38,25	33,75	75,35	17	16,76	27,5	62	25
DCO (mg/L)	72,1	85,44	76,32	127,2	126	66	94	156	40
Cl ⁻ (mg/L)	958,5	681,6	2 928	2 982	820,0	663,8	688,7	4 331	200
NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,83	0,29	0,6	0,79	1,63	0,39	0,19	0,445	0,1
NO ₃ ⁻ (mg/L)	78,2	21,42	28,06	62,19	26,58	68,67	53,16	71,92	44
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,35	0,4	1	1,15	0,05	1,45	0,65	1,1	2
PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0,087	0,097	0,034	0,069	0,26	0,037	0,043	0,122	0,7
SO ₄ ⁻² (mg/L)	600	500	460	700	310	510	550	685	250
MES (mg/L)	112,5	5	34,1	42,5	154	27,33	54,68	125,92	30
Fe ⁺² (mg/L)	5,75	0,1	0,053	1,34	2,94	0	0	0,66	1,5
Cu ⁺² (mg/L)	0,260	0,250	0,258	0,239	0,196	0,152	0,225	0,200	1
Cd ⁺² (mg/L)	0,62	0,78	0,04	0,97	0,45	0,56	0,09	0,73	1
Pb ⁺² (mg/L)	2,11	1,45	1,85	4,32	1,12	1,48	0,59	1,93	5
Zn ⁺² (mg/L)	0,101	0,49	0,50	0,79	0,195	0,152	0,224	0,213	5

CE : conductivité électrique ; OD : oxygène dissous ; DBO₅ : demande biochimique en oxygène sur 5 jours ; DCO : demande chimique en oxygène ; MES : matières en suspension.

Tableau 4. Résultats d'analyses physico-chimiques des deux derniers prélèvements.

Paramètres	Prélèvements								Normes
	5 ^e prélèvement (21/07/2003)				6 ^e prélèvement (28/07/2003)				
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
T (°C)	30	29	28	27	29	27	27	26	25
pH	7,76	8,1	8,32	7,9	7,86	8,24	8,38	8,07	6 à 9
CE (ms/cm)	3,36	2,99	2,94	11,36	3,44	2,89	3,02	12,24	1,5
OD (mg/L)	6,4	6,3	5,2	5	5,9	6,2	5,7	4,1	>5
DBO ₅ (mg/L)	17,5	12,25	14	18,5	68	33	57	64	25
DCO (mg/L)	150	36	96	120	134	42	101	144	40
Cl ⁻ (mg/L)	781	639	710	4 189	868,1	629,6	682,7	3 673	200
NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,17	0,84	0,54	0,51	1,27	0,79	0,64	0,58	0,1
NO ₃ ⁻ (mg/L)	64,9	81,21	71,58	126,1	84,67	74,82	51,23	94,84	44
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,35	2,4	0,3	1,25	0,42	1,63	1,24	1,67	2
PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0,42	0,25	0,03	0,21	0,69	0,18	0,027	0,14	0,7
SO ₄ ⁻² (mg/L)	470	275	245	735	725,43	312,21	429,2	931,08	250
MES (mg/L)	50,08	10,29	20,96	30,14	112,37	39,21	42,11	76,67	30
Fe ⁺² (mg/L)	6,37	1,51	0,12	1,16	4,17	1,36	0,14	2,35	1,5
Cu ⁺² (mg/L)	0,199	0,183	0,145	0,14	0,133	0,142	0,13	0,236	1
Cd ⁺² (mg/L)	0,39	0,46	0,13	0,84	0,72	0,64	0,23	0,87	1
Pb ⁺² (mg/L)	1,91	0,87	1,05	2,08	0,86	0,57	0,74	2,23	5
Zn ⁺² (mg/L)	0,033	0,137	0	0	0,0014	0,064	0,0024	0,16	5

CE : conductivité électrique ; OD : oxygène dissous ; DBO₅ : demande biochimique en oxygène sur 5 jours ; DCO : demande chimique en oxygène ; MES : matières en suspension.

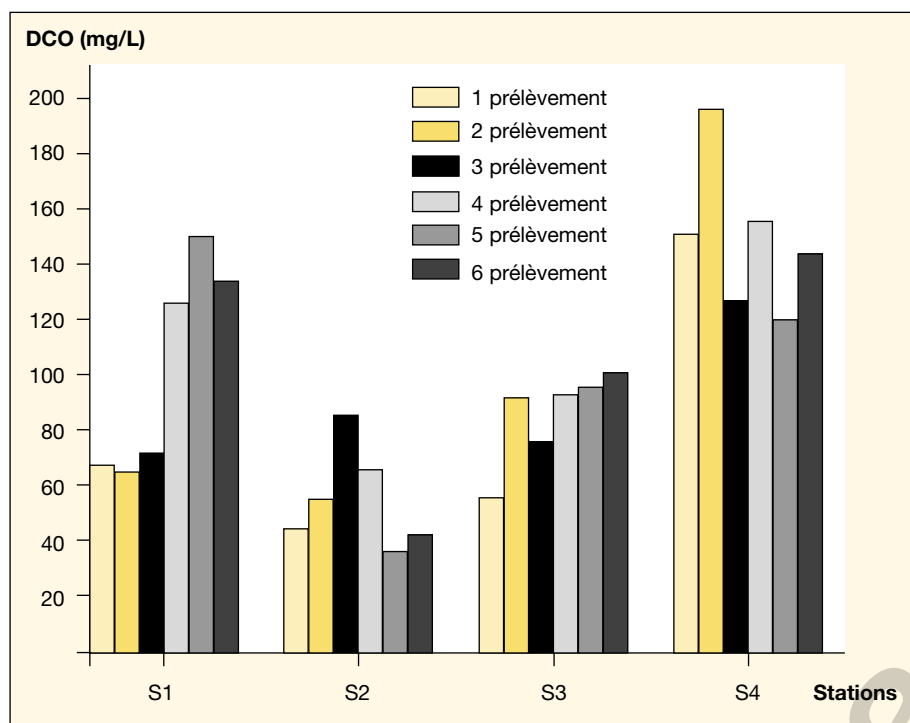


Figure 3. Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) d'une station à une autre.

DBO₅ ont été enregistrées au sein de la quatrième station (S4) : cela pourrait être lié essentiellement au volume élevé des eaux usées domestiques et industrielles, principalement des industries à caractère agroalimentaire (l'industrie des corps gras CO.G.B, Corps gras de Béjaia, etc.). La DCO (figure 3) est un autre paramètre qui nous permet d'évaluer d'une manière plus exacte la quantité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. Les valeurs enregistrées présentent des teneurs en DCO variant entre 44,8 et 196,56 mg/L. Ces dernières dépassent largement la norme (40 mg/L). Généralement, la variation de la teneur en DCO montre une diminution de la première à la deuxième station puis une augmentation de la deuxième à la quatrième. À l'exception des résultats obtenus lors du troisième prélèvement où on a remarqué une augmentation de la première à la deuxième station, suivie d'une diminution de la deuxième à la troisième, une augmentation remarquable de DCO est enregistrée au niveau de la dernière station.

En fait, les concentrations les plus élevées en DCO ont été enregistrées au niveau de la première et de la quatrième station où on a obtenu des valeurs dépassant 100 mg/L. Les valeurs élevées de la DCO pourraient être imputées à la charge élevée en matières organiques des eaux usées domestiques et aux effluents des unités industrielles déversées en amont de ces stations.

Les teneurs en MES sont comprises entre 5 et 198,66 mg/L. La plupart de ces teneurs ne répondent pas à la norme requise (30 mg/L). Globalement, la variation de la teneur en MES présente une diminution de la première à la deuxième station, puis une augmentation graduelle de la deuxième à la quatrième station. En effet, la teneur des matières en suspension est liée à la nature du terrain traversé et à la composition des rejets déversés. Par ailleurs, les concentrations les plus élevées ont été enregistrées au niveau de la première station suite à la nature argileuse du terrain ainsi qu'à la déformation du lit de l'oued au niveau de cette station (S1) causée par les nombreux points d'extraction du sable.

En ce qui concerne la concentration en nitrates, on a remarqué une augmentation quasi générale du premier au sixième prélèvement et cela pour toutes les stations en raison de la diminution du débit de l'oued. En revanche, on a enregistré une variation de la concentration en nitrates d'un prélèvement à un autre au niveau de la station 3. Lors des six prélèvements effectués, on a constaté une augmentation en nitrate de la première à la dernière station avec des valeurs plus élevées au niveau de la quatrième station. Cela est probablement dû au volume important des eaux usées et aux rejets déversés par certaines industries à l'embouchure de l'oued. Par ailleurs, on a enregistré un pic de pollution assez important du premier au deuxième prélève-

ment (exemple : les chlorures atteignant 887 mg/L pour le premier prélèvement et 2 307,5 mg/L pour le deuxième prélèvement), principalement en raison de l'augmentation importante de la température du premier prélèvement (environ 23 °C) au deuxième prélèvement (environ 28 °C). Cette température favorise la dégradation de la matière organique ainsi que les transferts. Les concentrations les plus importantes en fer ont été enregistrées dans l'échantillon d'eau de la première station. Cette station est jonchée de décharges publiques, lesquelles apportent de la matière organique à l'eau. Plusieurs études ont montré que la matière organique, en formant un complexe avec le fer permet à ce dernier de migrer du sol vers la rivière. La présence de décharge au niveau de cette station semble avoir aussi un effet sur ces pics de concentrations en fer.

La figure 4 présente un exemple de corrélation entre la matière organique oxydable (DCO) et la matière en suspension (MES). La concentration en matière organique augmente avec l'augmentation de la matière en suspension et cela dans presque tous les échantillons d'eau de la rivière analysés, ce qui nous renseigne sur le caractère organique de nos matières en suspension.

Conclusion

Le bassin de la Soummam occupe une superficie importante, de l'ordre de 8 800 km². Le régime climatique du bassin est de type méditerranéen caractérisé par un hiver pluvieux et un été chaud. Par ailleurs, le débit moyen de l'oued est estimé à 25 m³/s environ, son bassin-versant est le siège de crues violentes causées principalement par le défraîchissement des terres agricoles ainsi que par l'extraction intensive de sable tout le long de l'oued. Les sources de pollution de l'oued sont nombreuses. On compte 05 établissements industriels polluants et 33 stations lavage graissage, 58 huileries, 26 décharges non contrôlées. À cela s'ajoute un volume important d'eaux usées domestiques déversé par les communes de la vallée qui atteint 29 810 m³/j. Le volume des rejets annuel vers l'oued Soummam est alarmant (165.10⁵ m³/an). Les rejets urbains constituent près des trois quarts du volume total des rejets.

La caractérisation physico-chimique a révélé que l'eau de l'oued Soummam au niveau des quatre stations étudiées présente une pollution accrue et la majorité des paramètres mesurés ne sont pas conformes aux normes exigées. L'oued

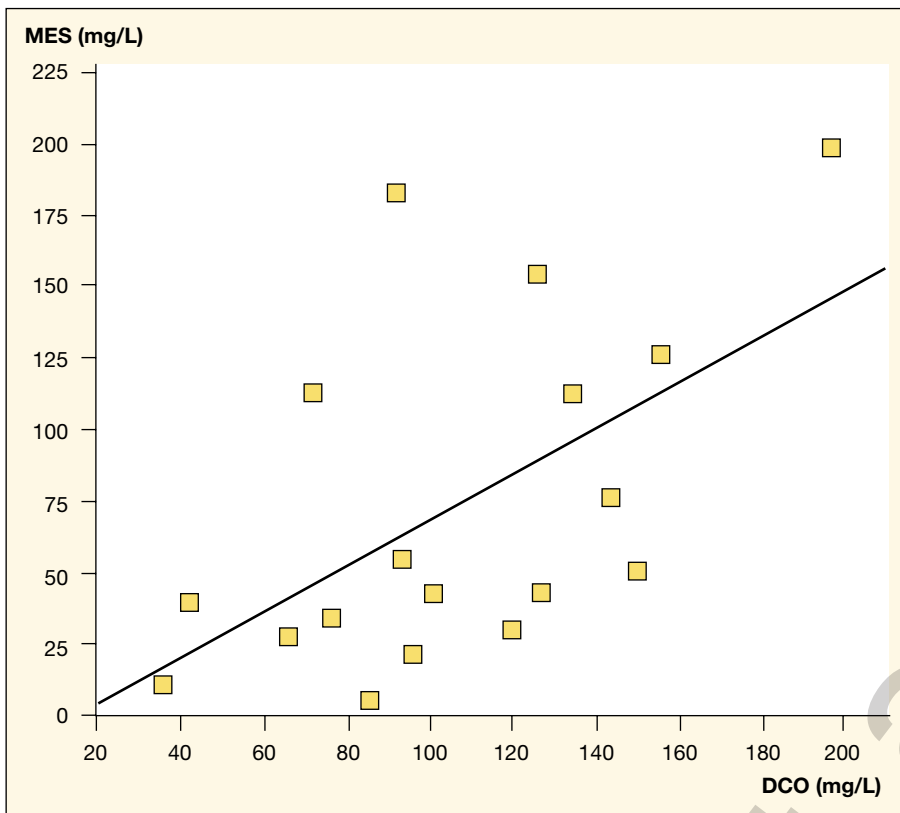


Figure 4. Évolution de demande chimique en oxygène (DCO) en fonction des matières en suspension (MES).

Soummam subit une pollution essentiellement organique suite au volume important des eaux usées urbaines et industrielles déversées en son sein.

L'eau de l'oued au niveau des quatre points de prélèvements est non seulement inapte à l'utilisation mais constitue une menace pour l'environnement et la santé des riverains.

Les résultats des analyses montrent que l'eau prélevée au niveau de la quatrième station (l'embouchure) est la plus affectée et cela en raison de la quantité importante d'eau usée domestique (18 000 m³/j) ainsi qu'au volume élevé d'effluents industriels déversés en amont de cette station. ■

Références

1. Leuven RSEW, Wijnhoven S, Kooistra L, De Nooij RJW, Huijbregts MAJ. *Toxicological constraints for rehabilitation of riverine habitats: a case study for metal contamination of floodplain soils*. Rehabilitating large regulated rivers: lowland river rehabilitation conference, September 29 – October 3, 2003.
2. Admiraal W, Van der Velde G, Smit H, Cazemier WG. The rivers Rhine and Meuse in the Netherlands: present state and signs of ecological recovery. *Hydrobiologia* 1993 ; 265 : 97-128.

3. Balk F, Dogger JW, Noppert F, Rutten ALM, Hof M, Van Lamoen FBH. *Methods for environmental risk assessment in the floodplains of Gelderland*. Publications and reports of the project 'Ecological rehabilitation of the rivers Rhine and Meuse'. Report no. 47. Lelystad : Institute of Inland Water Management and Waste Water Treatment, RIZA, 1993.

4. Hubert P. *Eaupiscule une introduction à la gestion de l'eau*. SI : édition Markeiting, 1984.

5. Jarvie HP, Whitton BA, Neal C. Nitrogen and phosphorus in east coast British rivers: speciation. Sources and biological significance. *Sci Tot Environ* 1998 ; (210/211) : 79-109.

6. Perrier J. *Défense contre les eaux nuisibles de l'oued Soummam*. Mémoire préliminaire. Compte rendu. Paris, 1964.

7. Direction de la planification et de l'aménagement de territoire de Béjaïa. *Annuaire statistique de la wilaya de Bejaïa, Résultats 2003*. Bejaïa : sn, sd.

8. *Pollution de la Soummam*. Rapport. Akbou : Service d'environnement de la wilaya de Béjaïa, 1997.

9. Viziter V, Gauf F. *Étude d'approvisionnement en eau potable et industrielle des agglomérations du couloir Akbou-Bejaïa à partir du Barrage Tichi-Haf*. Rapport de synthèse de la collecte des données. Béjaïa : sn, 1987.

10. ISO5667-1, *Qualité de l'eau, Échantillonnage, Partie 1 : Guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage*, Septembre 1988.

11. Hébert S, Légaré S. Suivi de la qualité des rivières et petit cours d'eau. Environoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123. Québec : Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, 2000.

12. Gauthier C, Guibaut G. Study of aluminium concentration and speciation of surface water in four catchments in the Limousine region. *Journal of Inorganic Biochemistry* 2003 ; 97 : 16-25.

13. American Public Health Association (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Washington (DC) : American Public Health Association, 1998.

14. Barlow K, Nash D, Turrall H, Grayson R. Phosphorus uptake and release in surface drains. *Agricultural Water Management* 2003 ; 63 : 109-23.

15. Tardat-Henry M, Paul-Beaudry J. *Chimie des eaux*. Sainte-Foy : éditions Le Griffon d'argile, 1984.

16. Rodier J. *L'analyse de l'eau : eaux naturelles eaux résiduaires eaux de mer*. 7^e édition. Paris : Dunod, 1996.