



QUALITE BIOLOGIQUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA SOUMMAM (NORD DE L'ALGERIE)

ZOUGGAGHE F.*, MOUNI L.*, TAFER M.*

*Laboratoire de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles et Assurance Qualité.
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre. Université
AMO de Bouira, Algérie

zougaghe_fatah@yahoo.fr

RESUME

L'objectif de l'étude est d'établir une carte de qualité ou de santé du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam à l'aide de l'indice biologique global normalisé (IBGN ; AFNOR, 1992) et d'identifier les tronçons les plus dégradés de ce bassin versant.

L'évaluation de la qualité biologique est fondée sur le principe général selon lequel chaque type du milieu naturel possède une communauté d'organismes caractéristiques. Tout appauvrissement de la biocénose naturelle traduit donc une perturbation.

Les communautés d'invertébrés benthiques ont été échantillonnées sur les trois régions du bassin versant de la Soummam (la vallée de la Soummam avec un climat humide à sub-humide, le plateau de Bouira et le plateau de Sétif avec un climat sub-humide à semi-aride). Cette étude a été réalisée entre 2004 et 2010 avec un total de 34 stations réparties entre 20m et 1100m d'altitude.

Au total, la qualité du milieu est bonne dans 5,9% des stations où l'indice IBGN affiche des valeurs 13 et 14, ce que signifie qu'en est pas loin de la qualité moyenne, puisque ces valeurs se localisent juste à la limite entre la qualité bonne et moyenne. Une qualité biologique moyenne dans 26,5% des stations, une qualité mauvaise dans 52,9% des stations (soit 18 stations) et enfin, une très mauvaise qualité dans 14,7% des stations.

Mots clés : macro-invertébrés benthiques, bassin versant, la Soummam, Algérie, qualité d'habitat.

ABSTRACT

The objective of this study is to draw a map of quality or health of the river system watershed of Soummam by using standard global biological index (IBGN) of AFNOR (1992) and identify the most degraded sections of the watershed.

The assessment of the biological quality is based on the general principle according to which each type of natural environment has its own characteristics community of organisms. Any degradation of the natural organisms indicates that some disturbance has occurred.

Benthic invertebrate community were sampled on three areas of watershed of Soummam, in a total of 34 stations were sampled between 20m and 1100m of altitude between 2004 and 2010.

The environmental quality is good in 5.9% of the stations where the index IBGN values displays 13 and 14, which meant that is not far from the fair quality, since these values are located just to the boundary between good and fair quality. A fair biological quality in 26.5% of stations, a bad quality in 52.9% of stations and finally, a very poor quality in 14.7% of the stations.

Keywords: Benthic macroinvertebrates, watershed, Soummam, Algeria, habitat quality.

INTRODUCTION

L'appréciation de la qualité d'un milieu aquatique à l'aide des méthodes biologiques est fondée sur l'application d'un principe général selon lequel à un milieu donné correspond une biocénose particulière. De ce fait, les peuplements d'un habitat peuvent être considérés comme l'expression synthétique de l'ensemble des facteurs écologiques qui conditionnent le système. La modification biologique provenant d'une perturbation, comporte simultanément une modification structurale du peuplement initial, une apparition et une prolifération d'espèces qui affichent des affinités pour des conditions particulières et une disparition plus ou moins rapide du peuplement initial ou d'une partie de celui-ci (Verneaux, 1980).

Le matériel biologique utilisé dans ce cas est représenté par les macro-invertébrés benthiques. Ce groupe biologique présente l'avantage d'être le plus souvent tributaire d'un milieu, de répondre rapidement aux stress et de constituer un des premiers maillons de la chaîne alimentaire des cours d'eau (Barbour *et al.*, 1999). De plus, il existe une certaine rémanence chez ces organismes qui leur permet de témoigner de pollutions plus ou moins anciennes (Friedrich *et al.*, 1992). Leur cycle de vie est aussi relativement long, de l'ordre d'une année (Marchant, 1986). D'après Charvet, (1999), les organismes aquatiques de part leur diversité de formes taxonomiques, leur durée de vie, et

leur large distribution dans l'ensemble des eaux courantes, constituent d'excellents bio-indicateurs de l'état de santé des hydrosystèmes.

La détérioration de ces communautés benthiques peut s'exprimer de différentes manières, soit par l'absence de taxons polluo-sensibles, par la dominance de certains taxons polluo-résistants comme les chironomidae ou par les changements importants dans la composition relative dans la communauté benthique (Plafkin *et al.*, 1989),.

L'objectif principal de ce travail est d'établir une carte de qualité ou de santé du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam à l'aide de l'indice biologique global normalisé (IBGN ; AFNOR, 1992) et d'identifier les tronçons les plus dégradés de celui-ci.

MATERIEL ET METHODES

La situation géographique

Vaste de 9125 km², le bassin versant de la Soummam se trouve au Nord de l'Algérie. Il est caractérisé par la présence de deux plateaux (le plateau du Bouira et le plateau du Sétif) et de la vallée de la Soummam. Il est limité au Nord par les montagnes de la grande Kabylie (massif du Djurdjura), par la mer méditerranée et les chaînes côtières de la petite Kabylie. Au Sud, il est limité par les monts de Hodna (Benhamiche, 1997).

Le bassin de la Soummam fait partie des bassins versants tributaires de la Méditerranée (Fig. 1). Il est composé de 10 sous bassins versant, et s'étend dans la direction est-ouest, descendant dans la région du Sétif un peu vers le Sud (Viastimir, 1965).

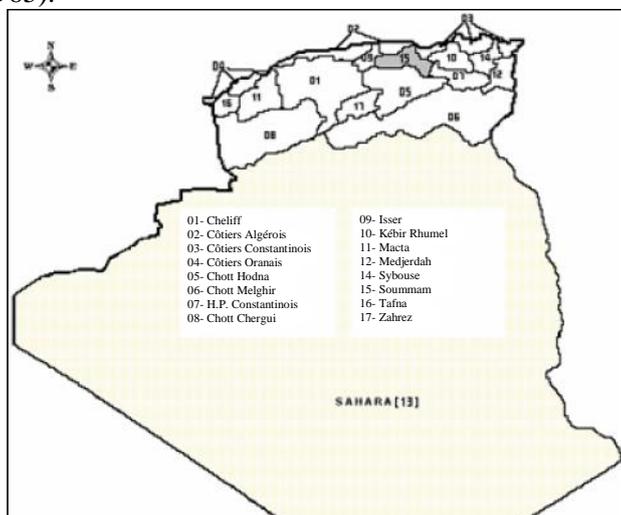


Figure 1 : Carte des grands bassins versants d'Algérie (ANRH, 2001)

Le système de drainage principal du bassin versant de la Soummam comprend vers l'Ouest, l'oued Sahel et ses affluents, et vers l'Est, l'oued Boussellem et ses affluents. Ces deux rivières se réunissent près d'Akbou pour former l'oued Soummam qui se jette dans la mer méditerranée à Béjaïa après un parcours de 80km environ (Fig. 2). Ses conditions climatiques ne sont pas uniformes ; elles varient suivant la continentalité. A Bejaia et dans la vallée de la Soummam inférieure, le climat est essentiellement méditerranéen, généralement humide avec un léger changement saisonnier de la température. Sur les plateaux de Sétif et de Bouira, le climat est continental et sec avec des hivers froids et des étés chauds. La partie sud de plateau de Sétif est aride.

L'échantillonnage

Les prélèvements sont réalisés sur 34 stations réparties sur les principaux cours d'eau du bassin versant de la Soummam (Fig. 2). Parmi les 34 stations sélectionnées, onze stations dans le plateau de Bouira, neuf dans le plateau de Sétif et quatorze dans la vallée de la Soummam. Il faut noter que dans notre cas, les campagnes de prélèvements se sont étalées sur cinq ans (entre 2005 et 2010) à raison de quatre prélèvements par station au printemps (avril-mai) et quatre autres en été (août-septembre), période qui semble la plus propice au développement de la faune benthique.

Pour chaque station, l'échantillonnage de la faune benthique est constitué de quatre prélèvements de 0,20m² effectués séparément dans quatre habitats distincts. Ces prélèvements doivent donner une vision de la diversité des habitats de la station.

L'échantillonnage des macro-invertébrés a été réalisé à l'aide d'un filet de type « Surber » d'ouverture circulaire de 20cm de diamètre et de 275µm de vide de mailles, ce dernier est déposé sur le fond du cours d'eau à contre courant. Le substrat se trouvant dans la surface d'échantillonnage est lavé, récupérant ainsi les larves, les nymphes et les adultes dans le filet. Les formes solidement fixées sont détachées à l'aide d'une pince. Les échantillons récoltés sont mis dans des sachets en plastiques, puis fixés par le formol à 10% sur place, en indiquant le nom de la station et le faciès pour chaque prélèvement. Au laboratoire, le contenu des sachets est lavé et débarrassé de la vase et des débris végétaux sur une série de tamis à maille allant de 2mm à 250µm.

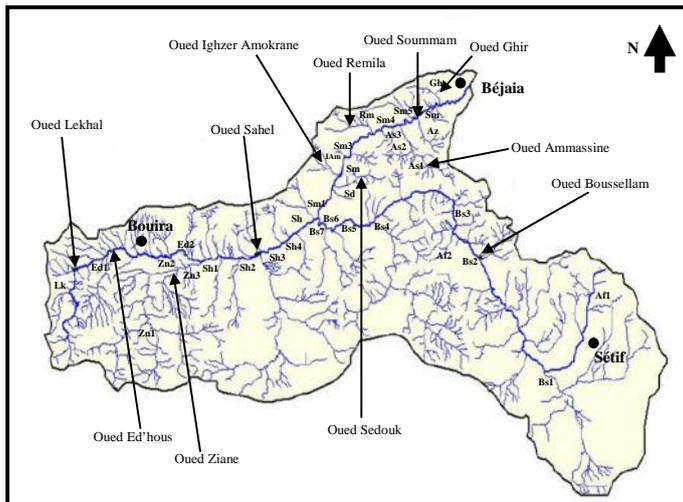


Figure 2 : Emplacement des stations échantillonnées sur le bassin versant de la Soummam

Une détermination au genre, à la famille, ou à l'ordre en fonction de la difficulté pratique de l'identification, est effectuée sous une loupe binoculaire, par fraction successive dans des boîtes de Pétri à fond quadrillé. D'après Lounaci (2005), la détermination à l'espèce des larves d'insectes aquatiques est impossible pour beaucoup d'espèces sans un suivi pendant au moins une année. Les organismes sont déterminés à l'aide de la clef d'identification de Tachet et *al.*, (2000), Chaumeton et *al.*, (2002) ainsi que celui de Bouchard, (2004).

La méthode IBGN

L'indice IBGN est basé sur les communautés de macro-invertébrés benthiques. Ces derniers sont placés relativement haut dans l'échelle de la complexité des organismes aquatiques. De plus, leurs modes nutritionnels sont diversifiés ce qui leur permet une colonisation de tous les types d'habitats. Leur pouvoir intégrateur des dysfonctionnements du milieu aquatique est donc très fort. Ces considérations font de l'IBGN l'indice le plus globalisant de l'écosystème aquatique d'eau douce. Il révélera donc une qualité générale du cours d'eau en intégrant le potentiel habitat.

Le principe de cette méthode repose sur le prélèvement de la macrofaune benthique au niveau d'une station, selon un mode d'échantillonnage standardisé, tenant compte des différents types d'habitats (Genin et *al.*, 2003).

D'après l'AFNOR (1992), les notes IBGN comprises entre 1 et 20, peuvent être attribuées à cinq classes de qualité biologique. Si l'IBGN est égal ou supérieur à 17, l'eau et l'habitat sont de très bonne qualité, entre 16 et 13, ils sont de bonne

qualité, entre 12 et 9, la qualité est moyenne, entre 8 et 5, la qualité est médiocre, et enfin inférieur à 4, la qualité est mauvaise (Tab. 1).

Tableau 1 : Limites de classes de la grille de la qualité de l'IBGN

Note IBGN	Couleur associée	Niveau de qualité	Signe
> 17	Bleu	Très bonne	▲
entre 16 et 13	Vert	Bonne	●
entre 12 et 9	Jaune	Moyenne	◆
entre 8 et 5	Marron	Médiocre	■
< 4	Rouge	Mauvaise	▼

RESULTATS

Abondances et composition du peuplement

En termes d'abondance globale, un total de 76344 individus de macro-invertébrés benthiques a été prélevé pendant les campagnes d'échantillonnage. Les abondances sont plus fortes en été (33112 ind sur l'ensemble des 17 stations avec une moyenne de 19478 ind/station) par rapport au printemps (43230 ind sur l'ensemble des 34 stations, mais avec une moyenne de 1272 ind/station), donc nous avons un rapport de 1,5 entre les deux saisons.

*Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam
(Nord de l'Algérie)*

Tableau 2 : Abondance taxonomiques des macro-invertébrés du bassin versant de la Soummam.

A : Printemps	Bouira	Sétif	Soummam	Total	B : Été	Sétif	Soummam	Bouira	Total
Polyceropodidae	3		9	12	Hydropsychidae	969	47	83	1099
Hydropsychidae	36	345	199	580	Hydroptilidae	235	95	6	336
Hydroptilidae	22	6	2	30	Rhyacophilidae		2		2
Rhyacophilidae			2	2	Glossosomatidae	4			4
Sericostomatidae			1	1	Chironomidae	7069	6399	5425	18893
Glossosomatidae		1		1	Simuliidae	624	9	8	641
Chironomidae	3351	4697	6693	14741	Ceratopogonidae	51	120	109	280
Simuliidae	1481	1024	1557	4062	Tabanidae	10	12	7	29
Ceratopogonidae	32	47	95	174	Psychodidae	1			1
Culicidae	1		13	14	Empididae	5		1	6
Tabanidae	10	7	14	31	Tipulidae	4			4
Ptychopteridae	2	20		22	Ephydriidae			128	128
Psychodidae	2	25	11	38	Dixidae	90		55	145
Empididae	3	1	41	45	Thaumaleidae	36			36
Tipulidae	11		11	22	Chaoboridae			5	5
Ephydriidae	2	1	1	4	Limoniidae	1	31		32
Dixidae	2	3	14	19	Baetidae	640	458	1993	3091
Thaumaleidae	1			1	Caenidae	173	413	440	1026
Chaoboridae			5	5	Heptageniidae	105	1		106
Stratiomyidae			1	1	Oligoneuridae	211	25		236
Limoniidae		17	50	67	Dytiscidae	4		73	77
Syrphidae		21	1	22	Gyrinidae			6	6
Baetidae	576	1884	5267	7727	Halipidae		20	7	27
Caenidae	39	11	188	238	Hydrophilidae	3	9	12	24
Heptageniidae	582	37	75	694	Elmidae		23	10	33
Leptophlebiidae	9	5	43	57	Gomphidae		12	6	18
Epheméridae			1	1	Corduliidae		89		89
Siphonuridae		1		1	Veliidae	1			1
Oligoneuridae		12		12	Nepidae			2	2
Dytiscidae	28	20	37	85	Corixidae		26	1265	1291
Gyrinidae	3		6	9	Ostracodes	221	402	854	1477
Halipidae	2		1	3	Cladocères			28	28
Dryopidae	23		1	24	Cyclopidae	81	7	5	93
Scirtidae	1		5	6	Gammaridae			2	2
Hydraenidae	2			2	Hydracariens	73	8		81
Hydrophilidae	7	6		13	Tubificidae	422	719		1141
Hydroscaphidae			2	2	Naididae	258	616	305	1179
Elmidae			112	112	Lumbricidae	1	2		3
Gomphidae	6	6	6	18	Glossiphoniidae	231			231
Lestidae	1			1	Planorbidae	50			50
Aeshnidae	3	1		4	Ferrissidae		14		14
Corduliidae		1	1	2	Physidae	29	977	46	1052
Libellulidae			1	1	Dugesidae	49			49
Nemouridae			2	2	Planariidae	14			14
Capniidae		2	3	5	Gordidae	1	1	6	8
Veliidae		2		2					
Hydrometridae		1		1	Suite A : Printemps				
Nepidae			1	1	Lumbricidae			1	1
Pyralidae			1	1	Lumbriculidae			7	7
Ostracodes	428	14	903	1345	Glossiphoniidae	49	19	1	69
Cladocères			29	29	Hirudidae	12	1		13
Triopsidae	5	11		16	Erpoptilidae			1	1
Cyclopidae	141	35	770	946	Planorbidae	6	3		9
Calanidae	5			5	Ferrissidae		3		3
Gammaridae			3	3	Physidae	16		14	30
Isopodes	4			4	Lymnaeidae	2		2	4
Hydracariens	3	42	162	207	Ancylidae			403	403
Tubificidae	8	1	73	82	Viviparidae			2	2
Naididae	6715	180	4232	11127	Gordidae		1		1
					Collemboles			6	6

Les principaux taxons dominant le peuplement en densité sont :

- Au printemps : les Chironomidae (34,1%), Naididae (25,74%), Baetidae (17,87%), Simuliidae (9,4%), Ostracodes (3,11%) et les Cyclopidae (2,19%).

- En été : les Chironomidae (57,06%), Baetidae (9,33%), Ostracodes (4,46%), Corixidae (3,9%), Naididae (3,56%), Tubificidae (3,45%), Hydropsychidae (3,32%), Physidae (3,17%), Caenidae (3,1%) et les Simuliidae (1,94%).

Les abondances dans les trois régions du bassin versant de la Soummam sont très proches. Un total de 31619 individus a été collecté dans la vallée de la Soummam (avec une moyenne de 2258 ind/station), 24522 individus dans la vallée du Sahel (avec une moyenne de 2229 ind/station) et 20203 individus dans le bassin de Boussellam (avec une moyenne de 2245 ind/station) (Tab. 2).

DISCUSSION

D'après les premiers résultats, nous notons l'importance de ces communautés animales durant la période estivale par rapport à celle du printemps où nous avons un rapport de 1,5 entre les deux saisons. Cette importance est probablement due à la concentration de la faune du fait d'un espace de colonisation réduit en période de basses eaux, mais peut être aussi aux conditions défavorables de la période d'étiage qui est une période de concentration maximale des pollutions organiques, des températures plus élevées et des faibles débits, qui favorisent le développement ou bien l'explosion de quelques taxons préférant ces conditions (Zouggaghe, 2010).

Il faut noter aussi la diminution des densités pour les vitesses les plus élevées ce qui suit les conclusions de nombreux auteurs ayant travaillé sur les conséquences des crues (Quinn et Hickey, 1990). La même chose pour le type du substrat le plus fin (limons, sable) qui entraîne de plus faibles densités (Waters, 1976).

D'après Zouggaghe et Moali (2009), pour les communautés de macro-invertébrés benthiques, la différence est très remarquable entre la période estivale et la période printanière avec une abondance des insectes en été par rapport au printemps, même chose est observée pour les gastéropodes. En revanche, la tendance est inverse pour les oligochètes.

Dans la vallée de la Soummam (Fig. 4A), 7% des stations présentent une bonne qualité biologique, cette dernière se localise en amont de l'oued Amassine, et 43% des stations présentent une qualité moyenne. Parmi ces stations, une seule est localisée dans le cours principal (oued Soummam) ; elle se localise au niveau de Boussettane et le reste (5 stations) se localise au niveau des affluents de ce dernier (oued Ighzer Amokrane, oued Remilla, oued Amizour et les deux stations aval de l'oued Amassine). 43% des stations de qualité médiocre dont la majorité se trouvent dans le cours principal. Zouggaghe (2003) a montré que les stations de l'oued Soummam sont dans un état de pollution nette à très importante ; seulement 33% des prélèvements présentaient une qualité d'eau

acceptable. Enfin, une seule station de mauvaise qualité a été identifiée, la station Sm5 en aval d'El-kseur (Fig. 5).

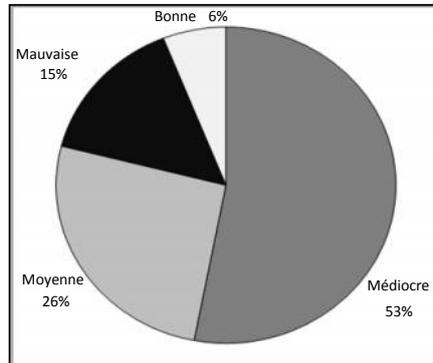


Figure 3 : Répartition des classes de qualité à l'échelle du bassin versant de la Soummam

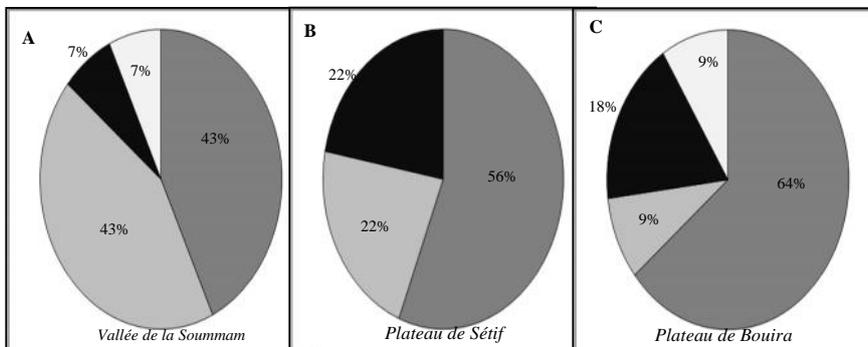


Figure 4 : Répartition des classes de qualité par région

Dans cette région, deux types de stations ont été observés. Les stations des affluents de la Soummam (oued Sedouk, oued Amassine, oued Amizour, oued Ighzer Amokrane, oued Remila et oued Ghir) avec une richesse un peu plus importante ($Ish > 2,5$) par rapport aux stations du cours principal (oued Soummam) (Ish entre 1 et 2,3). Cette faible richesse au niveau du cours principal est due en premier lieu à l'homogénéité du substrat et aussi à la présence de sources de pollution (rejets d'égout d'agglomération ou industriel) dans la majeure partie de ce tronçon. Le secteur de ces stations présente une biocénose caractéristique composée de presque 9% de Gastéropodes Physidae pendant l'été et de 7% d'Oligochètes Tubificidae. La présence de ces taxons polluo-résistants indique un milieu pollué et leur prolifération en nombre est un signe d'un état critique du milieu. Dans les stations des affluents de la Soummam, l'indice de Shannon-Wiener montre la valeur la plus élevée ($Ish > 3$) et la communauté de macro-invertébrés benthiques est dominée par les Crustacés Cyclopidae (presque 3% au printemps) et les Gastéropodes Ancylidae

avec 2% environ du total récolté dans cette région. Enfin, les Odonates Corduliidae avec presque 0,3%. Cette variabilité régionale des abondances est la conséquence d'une variabilité des conditions écologiques à savoir le climat, l'altitude, la pente, qui agissent sur l'habitat des macro-invertébrés et modifient l'habitat local des communautés faunistiques.

En effet, 56% des stations du plateau Sétifien montrent une qualité biologique médiocre (Fig. 4B). 22% des stations présentent une qualité moyenne, ces deux stations (Af2 et Bs4) se localisent au niveau de la région de oued Sebt (Bougâa) et 22% des stations (Af1 et Bs1) sont de mauvaise qualité, elles se localisent en amont et en aval de Sétif (Fig. 5).

Dans le bassin de Boussellam à Sétif, Les faibles valeurs de l'indice IBGN dans les deux stations les plus en amont (Af1 et Bs1) ainsi que la très faible richesse et diversité taxinomique ($Ish < 1$) sont due principalement aux rejets urbains de la ville de Sétif. Vers l'aval, les valeurs de l'IBGN augmentent légèrement ; les stations Bs2, Bs3, Bs5, Bs6 et Bs7 sont caractérisées par une qualité médiocre. Les deux stations, Af2 et Bs4, ont une qualité moyenne avec des richesses taxinomiques un peu plus élevées ($Ish = 2,5$). Cette dernière est due principalement à l'éloignement de ces stations par rapport aux sources de perturbations (rejets d'agglomérations, rejets industriels, points de pompage, décharge...)

Dans le plateau de Bouira (Fig. 4C), 9% des stations présentent une bonne qualité, localisée en aval du barrage Telesdit (Ed2). Neuf pour cent des stations présentent une qualité biologique moyenne, cette dernière se localise en aval de la localité d'El-Cheurfa (Sh4). 64% des stations sont de qualité médiocre dont la majorité se trouve dans le cours principal de l'oued Sahel et de l'oued Ziane. Enfin, les deux stations les plus en amont (Lk et Zn1) sont de mauvaise qualité biologique (Fig. 5).

Dans cette région, les stations qui se localisent en amont (au niveau du barrage Lekhal et de la confluence de Hammam Kessana d'El-Hachimia) ont une qualité biologique médiocre et une faible richesse où l'indice de Shannon $Ish = 1,3$. Cela résulte de l'effet du barrage sur les variations du niveau d'eau ; on enregistre les plus faibles profondeurs et l'homogénéité du substrat dans la station de l'oued Lekhal (Lk), par contre une vitesse de courant importante dans la station de Hammam Kessana (Zn1).

Les barrages ont des impacts sur les communautés benthiques situées en aval (Ward et Stanford 1991). Ces impacts sont surtout liés aux diminutions de la vitesse et l'augmentation de la température de l'eau, aux changements de la physico-chimie de l'eau, aux fortes variations de débits et du niveau d'eau. Voelz et Ward (1991) ont observé une faible richesse taxinomique en aval immédiat d'un barrage. Cependant la richesse taxinomique augmentait au delà de 1km en aval du barrage. Nous avons observé la même situation à la deuxième station de l'oued Edhous située en aval du barrage Telesdit.

En effet, les stations Ed1, Zn2, Zn3, Sh1, Sh2 et Sh3, montrent une qualité médiocre avec des IBGN entre 4 et 8 ; cette faible qualité peut s'expliquer par

des rejets urbains des villages situés le long du cours d'eau (Ain El-Hdjar, El-Asnam, El-Adjiba et El-Cheurfa). Dans ces stations les communautés benthiques sont influencées par la pollution organique qui diminue la richesse taxinomique (Ish entre 1 et 2). Dans cette partie, la capacité d'auto-épuration du cours d'eau est probablement dépassée et cette portion du cours d'eau fait pratiquement fonction d'égouts. Le secteur de ces stations présente une biocénose composée d'organismes polluo-résistants.

Toujours dans ce tronçon de l'oued Sahel, la quatrième station (Sh4) montre une qualité moyenne (valeur de l'indice IBGN : 9), ce qui traduit un phénomène d'auto-épuration entre la station Sh3 et Sh5, du fait de l'éloignement de cette station aux sources de pollution comme cela a été montré dans d'autres études (Kondratieff et Simmons, 1982).

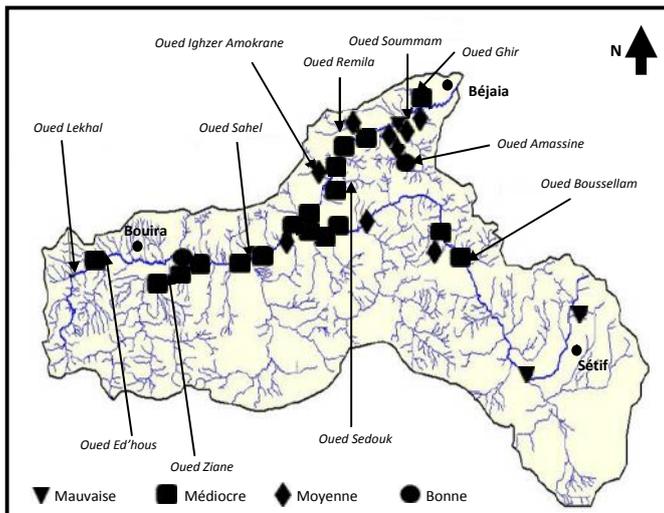


Figure 5 : Carte de qualité des stations de bassin versant de la Soummam

Figure 5 : Carte de qualité des stations du bassin versant de la Soummam

CONCLUSION

En conclusion, la présence ou l'absence des macro-invertébrés benthiques peut constituer un marqueur biologique des écosystèmes aquatiques d'eaux courantes où toute altération du milieu aura des conséquences sur la biodiversité et la richesse taxinomique, qui se traduira par une modification de la composition taxinomique des peuplements. Cette modification traduit l'état écologique de cet écosystème. Les assemblages de macro-invertébrés benthiques constituent un moyen très utile dans le déterminisme de l'état de santé des écosystèmes aquatiques d'eaux courantes.

Les stations du bassin versant de la Soummam qui présentent une forte diversité d'habitats (plusieurs types de substrats, de vitesses...), favorisent une richesse

faunistique élevée en réponse à un milieu de bonne qualité ; cas des stations As1, Af2 et Ed2. A l'inverse, les stations homogènes qui possèdent une faible diversité d'habitat (un seul type du substrat par exemple) et qui sont un peu perturbés, provoque une réduction dans la diversité faunistique, ce qui signifie une mauvaise qualité d'habitat (Lk, Sm6, Bs1...).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR., (1992). Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Association française de normalisation : NF T 90-350, Paris.
- ANRH., (2001). Inventaire des ressources en sols d'Algérie 1963-2001.
- BARBOUR M.T., GERRITSEN J., SNYDER B.D., STRIBLING G.B. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers : periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, second edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.
- BENHAMICHE, N. (1997). Modélisation de la relation pluie-relief par l'analyse en composantes principales (ACP) en vue de cartographie par krigeage. Application au bassin versant de la Soummam. Thèse de magister en sciences agronomiques. Hydraulique. Option Aménagement et mise en valeur, INA El-Harrach, Algérie.
- BOUCHARD R.W. (2004). Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- CHAUMETON H., BERLY A., DURANTEL P. (2002). Faune de France - Invertébrés d'eau douce- Ouvrage collectif créé par Losange (Edition Artémis).
- FRIEDRICH G., CHAPMAN D., BEIM, A. (1992). The use of biological material, p. 171-238, dans Chapman, D. (éd.), Water quality assessment : a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring, Chapman & Hall, Melbourne.
- GENIN B., CHAUVIN C., MENARD, F. (2003). Cours d'eau et indices biologiques : pollution, méthodes et IBGN. 2^{ème} Edition Educagri, Dijon.
- KONDRATIEFF P.F., SIMMONS G.M. (1982). Nutrient retention and macroinvertebrate community structure in a small stream receiving sewage effluent. Arch. Hydrobi., 94: 83 -98.
- LOUNACI A. (2005). Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou (Algérie).
- MARCHANT R., (1986). Some quantitative aspects of the life history of aquatic insects in temperate Australian rivers, 151-158pp.
- PLAFKIN J.L., BARBOUR M.T., PORTER K.D., GROSS S.K., HUGHES R.M. (1989). Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers :

- benthic macroinvertebrates and fish, first edition. Office of water, US Environmental PA, Washington DC.
- QUINN J.M., HICKEY C.W. (1990). Characterisation and classification of benthic communities in 88 New Zealand rivers in relation to environment factors. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 24: 387-409.
- TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX PH., USSEGLIO-POLATERA Ph. (2000). *Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie*. Ed CNRS- Paris.
- USSEGLIO-POLATERA P., WASSON J.G. (2004). Protocole de prélèvement et de traitement des échantillons des macro-invertébrés benthiques sur les sites de références "cours d'eau". Note méthodologique du 22 novembre 2004. Circulaire DCE 2004/08 : document de cadrage pour la mise en œuvre du réseau de sites de référence pour les eaux douces de surface.
- VERNEAUX J. (1980). Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales : les principales méthodes biologiques, p. 289-345, dans Pesson, P., *La pollution des eaux continentales – incidences sur les biocénoses aquatiques*, Ed : Gauthier-Villars.
- VIASTIMIR P. (1965). Etude de la mise en valeur du bassin de la Soummam (Rapport final.). Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire. Energo project – Biograd.
- VOELZ N.J., WARD J.V. (1991). Biotic responses along the recovery gradient of a regulated stream, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48 : 2477-2490.
- WARD J.V., STANFORD J.A. (1991). Benthic faunal patterns along the longitudinal gradient of a Rocky Mountain river system. *Verb. Int. Verein Limno*, 124, 3087-3094.
- ZOUGGAGHE F. (2003). Étude des communautés animales aquatiques de l'oued Soummam et de l'oued Dass; cas des macro-invertébrés. Mémoire de Magister en biologie, Université Abderrahmane Mira de Béjaia.
- ZOUGGAGHE F. (2010). Étude des communautés de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie). Thèse de Doctorat. Université A/Mira de Béjaia.
- ZOUGGAGHE F., MOALI, A. (2009). Variabilité structurelle des peuplements de macro- invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 64 (4) : 305-321.
- ZOUGGAGHE F., MOALI A. (2012). Répartition rive-chenal des macro-invertébrés benthiques dans des rivières Algériennes (Soummam et ses affluents). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 67 (2) : 237-250.