

Écologie et biomonitoring des cours d'eau du Liban septentrional. 2. La rivière El Jaouz [Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera] (1^{ère} partie)

par Aref DIA*¹ & Alain THOMAS**

* Université Libanaise, Conseil National de la Recherche Scientifique, B. P. 11
8281 Riad el Sohl, Beyrouth, Liban

** 5 rue du Vallon, F - 31320 Vieille-Toulouse, France

1. Travail subventionné par le CNRS libanais

Mots-clés : bassin hydrographique, paramètres physico-chimiques, pollutions organiques, écoulement temporaire, ripisylve.

9 stations ont été prospectées entre 1525 m d'altitude et le niveau de la mer sur le bassin versant de la rivière El Jaouz (Liban septentrional), longue de 38 km et orientée E-W. Six séries de mesures de 11 paramètres physico-chimiques y ont été réalisées sur un cycle annuel. Les principales influences humaines sont : la pollution organique par les villages, particulièrement dangereuse pour l'avenir dans les importantes structures karstiques locales et le captage de la plus grande partie du débit des cours d'eau pour l'irrigation, pouvant aller jusqu'à leur mise à sec.

Ecology and biomonitoring of streams in Northern Lebanon. 2. The El Jaouz river [Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera] (first part)

Keywords: catchment basin, physico-chemical parameters, organic pollutions, temporary discharge, riparian forest.

9 stations were surveyed in the catchment of the El Jaouz River, Northern Lebanon, between 1525 m elevation and the sea level. El Jaouz is 38 km long with E-W orientation. 11 physico-chemical parameters were measured six times during a one year cycle. Main human influences are: organic pollution by villages, a particular matter of worry for the future given the important local karstic structures, and the diversion of the greatest part of stream discharge for irrigation, resulting in drying of the beds.

Le présent travail est une contribution à la limnologie des eaux courantes méditerranéennes de l'Est, dont les principales caractéristiques sont l'hétérogénéité des bassins versants, la diversité et l'irrégularité des débits. Faisant suite à DIA & THOMAS (2007) sur la rivière Aarqa, il s'agit de notre seconde étude sur les rivières du Liban septentrional ; elle concerne un cours d'eau alimenté à la fois par des écoulements superficiels et par des nappes souterraines karstiques : la rivière El Jaouz. Jusqu'à une altitude de 600 m un inventaire algologique de cette rivière a été dressé ainsi qu'un bilan physico-chimique de ses apports nutritifs au milieu marin (ABBOUD-ABI SAAB et al. 2002).

1. Le bassin hydrographique de la rivière El Jaouz : généralités

Situation géographique et description

Le bassin versant de la rivière El Jaouz s'étend sur le flanc occidental du Mont-Liban (Liban septentrional) et sur la zone littorale, entre Jbeil et Ras Chekka, soit entre 34° 8' 45'' et 34° 17' 30'' Nord, et entre 35° 39' 58'' et 36° 00' Est. Il couvre une superficie de 198 km². Après un parcours de 38 km, cette rivière se jette dans la Méditerranée au village de Koubba, au Nord de la ville de Bâtroun et à 60 km environ de Beyrouth (Fig. 1).

Ce bassin est limité : au Nord-Est par la rivière Abou Aali, à l'Est par la rivière Ibrahim, dans le Nord et le Sud par des oueds côtiers.

Plusieurs petites sources à très faible débit forment entre 2500 et 1500 m d'altitude des ruisselets temporaires qui se réunissent pour former le ruisseau (r.) d'Aîn Er Râha. À 1500 m, des ruisselets temporaires forment par ailleurs le r. de Tannôurîne. Ces deux petits cours d'eau s'écoulent dans des vallées étroites et à forte pente (de l'ordre de 10 %). Ils confluent en aval du village de Tannôurîne Et Tahta, à une altitude de 900 m, pour former la rivière El Jaouz. Celle-ci a ménagé, derrière un barrage naturel (décollement des calcaires cénomaniens de rive gauche), la petite plaine de remblaiement de Kfar Hilda à environ 600 m d'altitude, où elle reçoit le fort débit de la source Ed Dalli, alimentée par une rivière souterraine. Après environ 8 km, le cours d'El Jaouz est interrompu par des cascades spectaculaires, aux deux villages de Bsâtine El Aossi et Kfar Hilda. En aval immédiat, un barrage permet le fonctionnement de la centrale hydroélectrique de Boqsmâïya. La rivière El Jaouz a creusé son lit en gorge étroite jusqu'à 4 km de la mer ; après le plateau miocène de Hamat, elle termine son parcours dans la plaine côtière de Bâtroun.

Mentionnons qu'entre Bsâtine El Aossi et Mseilha, la vallée d'El Jaouz est classée, en raison d'un patrimoine culturel et naturel très riche (plusieurs dizaines de couvents, églises, moulins et ponts anciens, ainsi que des grottes : ABBOUD-ABI SAAB et al. 2002).

Géologie et nature du substratum

Le substratum de la rivière El Jaouz est constitué essentiellement de terrains calcaires. De l'amont vers l'aval, on peut distinguer :

- des calcaires jurassiques (sources Ed Dalli et El Korsi : calcaires dolomitiques en particulier) ;
- des cailloutis de pente, des coulées boueuses et des décollements quaternaires ;
- une alternance de terrains argilo-sableux et de bancs calcaires aptiens ;
- des calcaires cénomaniens (source Meftah à 390 m d'altitude) ;
- des marnes sénoniennes et éocènes ;
- des calcaires et marno-calcaires turoniens.

Au pied du village de Boqsmâïya et sur la rive droite, plaqué contre le calcaire, apparaît un conglomérat très consolidé, au ciment sableux et aux blocs de plus de 50 cm de diamètre. À proximité du pont de Mseilha et à 3 km de la mer, le remblaiement alluvial est d'une trentaine de m avec des alternances de lits de galets, de sables et de limons.

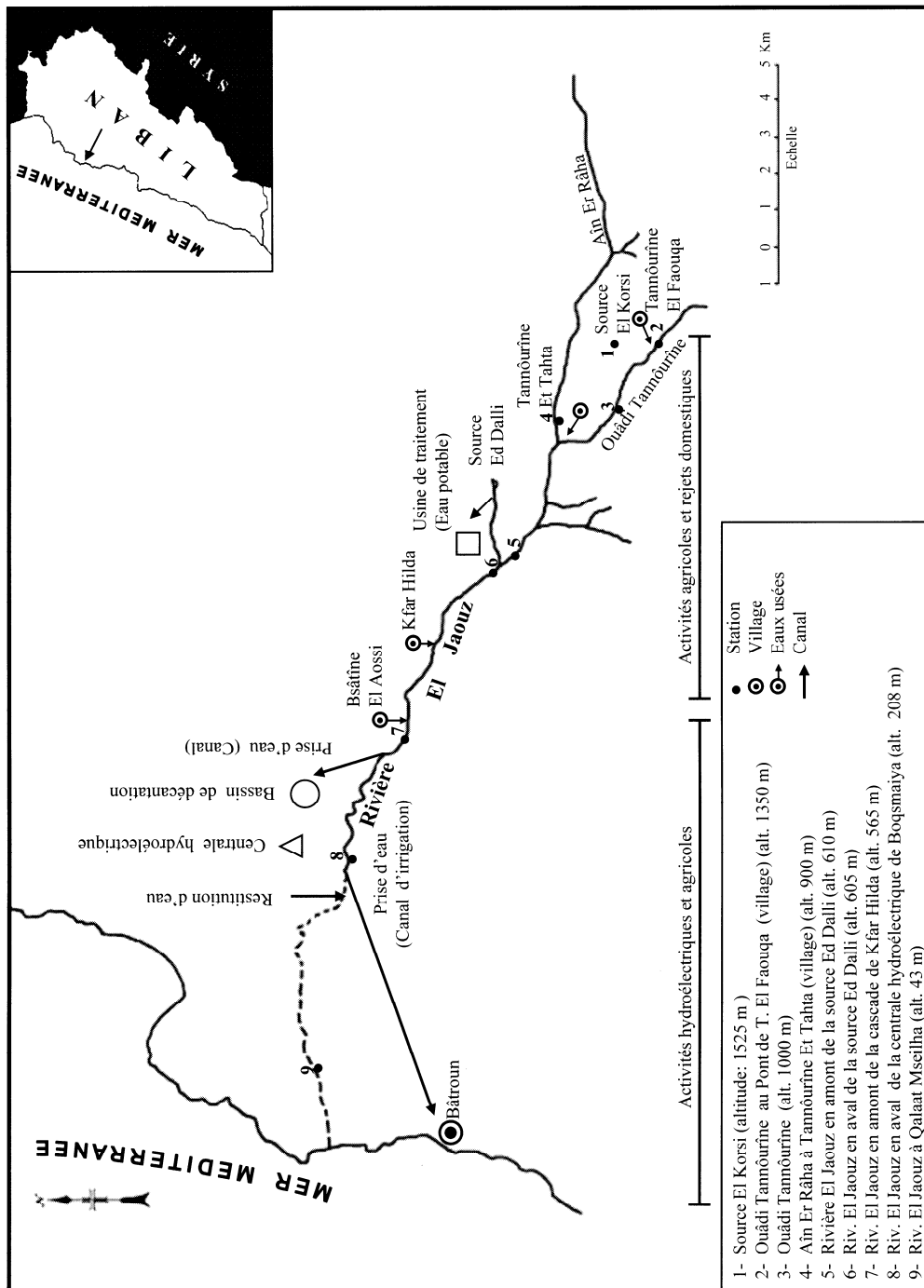


Figure 1. La rivière El Jaouz: situation géographique, emplacement des stations étudiées et activités humaines.

Figure 1. The El Jaouz river: geographic localization, sampling sites and human activities.



Deux vues de la Cascade de Kfar Hilda (à droite en crue).
Two views of the Kfar Hilda falls (right: in spate).

Pluviométrie

Sur l'ensemble du bassin, les précipitations moyennes annuelles, comprises entre 1000 et 1400 mm par an, sont concentrées en automne et hiver (d'octobre à mai) ; l'été (4 à 5 mois) est sec, typique du caractère méditerranéen de cette région (été chaud et sec, hiver froid et humide).

Dans la montagne, la neige commence à tomber en novembre et l'enneigement peut persister jusqu'en avril (avec une moyenne de 40 jours par an). L'épaisseur du manteau neigeux atteint 1,2 m à Tannourîne.

Végétation

a) Les forêts

La façade occidentale du Mont-Liban est bien boisée. Dans l'amplitude altitudinale comprise entre 50/100 m et 1200/1300 m, se développent des forêts de type méditerranéen, représentées soit par des Conifères (*Pinus pinea*, *P. brutia* et *P. halepensis*), soit par des Chênaies à *Quercus calliprinos*, *Q. infectoria* et *Q. brantii*.

À une altitude supérieure (1600-2000 m), la seule forêt qui subsiste est la Cédraie (*Cedrus libani*), représentée par la forêt d'« Arz Tannourîne », incluse dans un projet de préservation en cours.

Les étages correspondant aux groupements précédents sont, selon ABI-SALEH (1978) : le thermoméditerranéen, l'euméditerranéen, le supraméditerranéen et le montagnard méditerranéen.

Les forêts mixtes de pins et de chênes sont les plus répandues dans la province côtière où elles constituent en général la série thermophile la plus commune.

b) Les ripisylves

Elles comprennent essentiellement :

- l'association à *Nerium oleander* sur berges caillouteuses de faible altitude (500 m, étage thermoméditerranéen défini par ABI-SALEH 1978) ;

- l'association *Platanus orientalis*, *Salix libani* et *Alnus orientalis* sur calcaires (500 à 1000 m d'altitude, étage euméditerranéen selon ABI-SALEH op. cit.) ;

Il faut mentionner dans la haute vallée, la présence d'arbres fruitiers (pommiers, poiriers, cerisiers, noyers etc.) et dans la plaine de Kfar Hilda des cultures multiples de légumes et d'agrumes (cultures maraîchères intensives, serres, chambres en plastique, avec utilisation de fertilisants et de pesticides). Sur les rives, tout le long du cours d'eau, des arbres fruitiers.

Principales agressions anthropiques sur le milieu aquatique

Le bassin versant d'El Jaouz assure l'alimentation en eau des agglomérations, l'irrigation et l'énergie électrique.

Cette rivière reçoit les impacts des activités domestiques, agricoles et urbaines d'une population répartie de 1400 m d'altitude jusqu'à la ville côtière de Bâtroun. En effet, l'absence de réseau d'égouts et de stations d'assainissement sur les villages du cours supérieur (Tannourîne El Fauouqa, Ouata Hoûb, Tannourîne Et Tahta et d'autres), ainsi que la présence d'avens et de gouffres, constituent une menace pour les sources, par pollution fécale. Or, la principale source, Ed Dalli, alimente en eau potable presque toutes les agglomérations situées au-dessous de la cote 1000 m dans le caza de Bâtroun (55 villages). Ses eaux subissent une chloration par la station de

pompage et de traitement de Kfar Hilda. Les composantes physico-chimiques sont en outre affectées par les rejets d'eaux usées, les ordures ménagères et les déchets agricoles (acide oléique et résidus provenant des pressoirs d'olives) de la plaine fertile de Kfar Hilda et du village de Bsâtine el Aossi.

En aval de la centrale hydroélectrique de Boqşmaïya, le cours d'eau est l'objet d'un captage pour l'irrigation de la plaine côtière de Bâtroun, ce qui engendre d'intenses perturbations hydrauliques et assèche même tout un secteur de la rivière à partir du mois de mai.

2. Les stations étudiées : description et paramètres physico-chimiques

Neuf stations ont été prospectées (Fig. 1). Pour chacune sont indiquées ci-dessous : l'altitude (A), la distance à la source (D), la largeur du lit (L), et la vitesse du courant, mesurée au micro-moulinet Ott à 5 cm du fond, sauf forte crue et turbidité très élevée.

Les nomenclatures de BERG (1948) et de CAILLEUX (1954) ont été utilisées respectivement concernant le courant et la granulométrie du substrat.

Les valeurs maximales des principaux paramètres physico-chimiques de l'eau, relevées sur une série de six mesures effectuées en même temps que les prélèvements les 15 mai, 15 juin, 25 juillet, 11 septembre, 21 novembre 1999 et 6 avril 2000, sont regroupées dans la Figure 2.

A. Les sources et ruisseaux affluents

Station 1 : Source El Korsi

Dans la région de Ouata Hoûb, à 2 km du village de Tannôurîne El Faouqa : A = 1525 m ; L = 1 m. De type rhéocrène, cette source jaillit d'une petite grotte en tunnel. Fond hétérogène, constitué de gros blocs, cailloux, graviers, galets et sables. Courant variable, modéré dans l'ensemble (Vitesse maxi = 98 cm/s ; V mini = 7, V moy = 36, écart-type $\sigma = 25,3$, nombre de mesures n = 24), profondeur de 20 à 30 cm. Le ruisseau émissaire traverse des vergers (noyers et arbres fruitiers). Des rigoles en ciment ou en plastique longent son cours et un bassin en béton est utilisé pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'irrigation.

Station 2 : Tannôurîne El Faouqa

Dans le village de Tannôurîne El Faouqa et en amont du pont routier Tannôurîne-Laklouk : A = 1350 m ; D = 2 km ; L = 2 à 3 m. Ce ruisseau à forte pente collecte des eaux de sources. Le lit, très hétérogène, présente une succession de seuils et de mouilles. Le substrat est très varié (dalles rocheuses, blocs, cailloux, graviers, galets et sables mêlés aux débris végétaux, Bryophytes et algues filamenteuses vertes). Les bords sont vaseux. La vitesse d'écoulement est très variable (V maxi = 205 cm/s ; V mini = 4, V moy = 39, $\sigma = 41,6$, n = 24). La profondeur varie de 10 cm dans les radiers, à 40 cm dans les mouilles. Ripisylve bien développée, et présence de terrasses portant des arbres fruitiers. Un petit barrage en béton, haut d'un mètre, a été édifié pour l'approvisionnement en eau, à la fois urbain et agricole. En aval du pont, les rives sont devenues une décharge publique.

STATIONS	Altitude	Couvert	Écoulement	SiO ₂	NO ₃	NO ₂	NH ₄
	a) m	végétal		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1. Source El Korsi	1525	clairsemé	permanent	7,0	4,6	0,013	0,04
2. O. Tannôurîne à El Faouqa	1350	développé	permanent	5,4	2,9	0,013	0,16
3. O. Tannôurîne < El Faouqa	1000	dense	permanent	5,5	5,3	0,037	0,18
4. Aïn Er Râha	900	dense	permanent	4,9	3,8	0,020	0,15
5. El Jaouz > Ed Dalli	610	dense	permanent	5,9	4,4	0,037	0,24
6. El Jaouz < Ed Dalli	605	développé	permanent	5,1	3,9	0,026	0,20
7. El Jaouz > casc. Kf. Hilda	565	clairsemé	permanent	4,5	4,8	0,043	0,23
8. El Jaouz à Boqsmâiya	208	développé	temporaire	6,4	4,6	0,030	0,23
9. El Jaouz > embouchure	43	# nul	temporaire	5,3	4,9	0,030	0,18

STATIONS	Δ T eau	Δ Cdt	Δ pH	HCO ₃	SO ₄	Cl	PO ₄
	b) °C	μS/cm		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1. Source El Korsi	9,5-10,5	250-325	7,95-8,30	192	4	7,7	0,06
2. O. Tannôurîne à El Faouqa	8,9-14,7	285-370	8,10-8,35	234	21	7,7	0,09
3. O. Tannôurîne < El Faouqa	8,5-16,1	290-445	8,10-8,30	259	15	10,8	0,24
4. Aïn Er Râha	8,4-16,1	255-350	8,15-8,30	190	8	9,2	0,13
5. El Jaouz > Ed Dalli	8,5-20,5	310-420	8,00-8,30	234	13	11,6	0,21
6. El Jaouz < Ed Dalli	9,0-15,6	290-400	7,80-8,35	244	13	10,0	0,16
7. El Jaouz > casc. Kf. Hilda	9,7-22,0	293-410	8,10-8,40	250	14	10,0	0,19
8. El Jaouz à Boqsmâiya	12,0-25,7	295-500	7,80-8,35	242	18	14,6	0,19
9. El Jaouz > embouchure	12,2-22,0	290-350	8,14-8,55	184	21	38,5	0,07

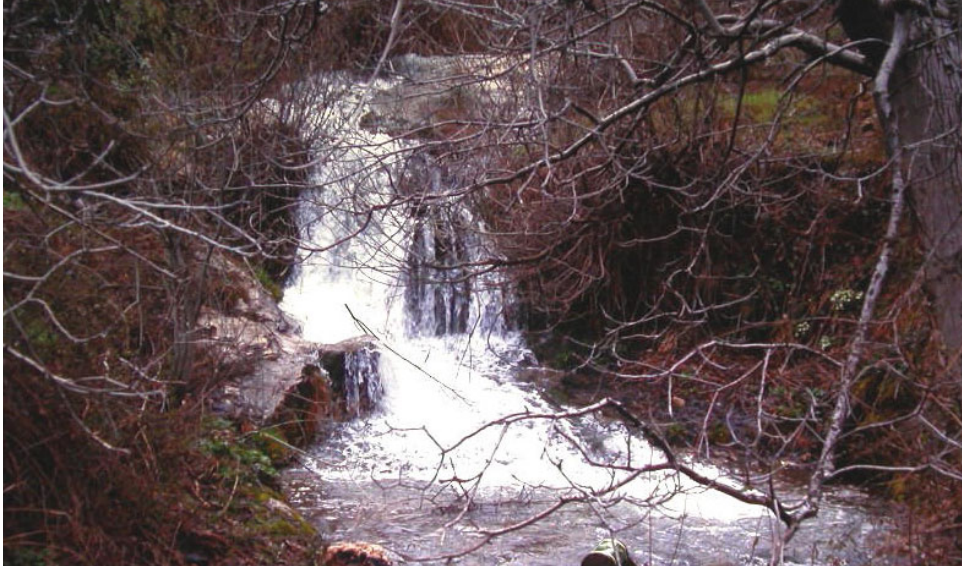
Figure 2. Paramètres physico-chimiques : valeurs maximales ou fourchettes relevées aux stations de la Rivière El Jaouz.

Figure 2. Physico-chemical parameters: maximal values or ranges recorded at sampling sites of the El Jaouz River.

Station 3 : Ouâdi Tannôurîne

Sur le ruisseau de Tannôurîne, en aval du village de Tannôurîne El Faouqa, près de l'usine de mise en bouteilles de l'eau minérale Tannôurîne (qui exploite une source proche): A = 1000 m; D = 5 km; L = 2 à 4 m. Substrat varié (blocs, cailloux, galets, graviers et sables), partiellement recouvert par des algues filamenteuses vertes, parfois des Bryophytes, et localement encroûté. Pente faible, courant modéré (V maxi = 69 cm/s ; V mini = 7, V moy = 35, σ = 14,7, n = 24) et hauteur d'eau de 20 à 40 cm. Débit d'étiage faible. Sur les bords, des bancs de sables ou de graviers ou des sédiments fins, riches en débris végétaux sur lesquels se développent des macrophytes. Ripisylve bien présente ; un restaurant implanté en rive droite. Le ruisseau reçoit d'autre part les eaux usées du village de Tannôurîne El Faouqa, une pollution diffuse induisant

l'eutrophisation du cours d'eau, perceptible à l'accroissement du périphyton à la surface des pierres immergées et à l'apparition de mousses blanches. En été, un camping est établi sur les rives.



En haut, station 2 : ouâdi Tannôurîne à El Faouqa.

En bas, station 3 : ouâdi Tannôurîne en aval d'El Faouqa.

Above, station 2: Tannôurîne ouâdi at El Faouqa.

Below, station 3: Tannôurîne ouâdi downstream from El Faouqa.

Station 4 : Aïn Er Râha

Sur le ruisseau d'Aïn Er Râha, à proximité du village de Tannôurîne Et Tahta : A = 900 m ; D = 10 km ; L = 2 à 3 m. Eau limpide, substrat constitué de blocs, cailloux, galets, graviers et sables, entremêlés de débris végétaux. Dans quelques zones rivulaires à écoulement ralenti se déposent des substrats meubles instables, essentiellement des sables. Vitesse d'écoulement modérée (V maxi = 109 cm/s ; V mini = 4, V moy = 34, σ = 24,6, n = 24). En crue, jusqu'à 152 cm/s ont été mesurés en surface, au mois d'avril. Profondeur de 50 cm en mouilles, et de 10 à 20 cm en radiers. L'été, étiage sévère, avec même une mise à sec en septembre en aval du village -et de notre station- en raison d'une prise d'eau). Ce ruisseau reçoit les rejets urbains du village de Tannôurîne Et Tahta et des cafés-restaurants établis sur ses rives. Ripisylve bien développée.

B. Le cours principal

Station 5 : la rivière El Jaouz en amont de l'émissaire de la source Ed Dalli

En amont du déversement de la source principale Ed Dalli, près du village de Beit Chlâla : A = 610 m ; D = 10 km ; L = 3 m. Par son substrat et sa ripisylve, cette station ressemble à la station 3, mais elle comporte davantage de sédiments fins, vaseux, riches en débris organiques, avec une couche dense d'algues vertes filamenteuses. Courant lent (V maxi = 52 cm/s ; V mini = 0, V moy = 14, σ = 15,7, n = 14) et faible hauteur d'eau (10 à 20 cm). La végétation rivulaire dense (platanes et chênes, entre autres) est un obstacle à la pénétration des rayons solaires, facteur aggravant de l'anaérobiose des sédiments. Fort impact humain, nettement matérialisé par le dépôt d'ordures ménagères, le rejet direct d'eaux usées provenant des habitations et des cafés-restaurants, ainsi que la présence de matières fécales d'origine bovine.

Station 6 : la rivière El Jaouz en aval de l'émissaire de la source Ed Dalli

En aval immédiat du déversement de la source principale Ed Dalli, près de la station de pompage et de traitement d'eau potable de Kfar Hilda : A = 605 m ; D = 10,5 km ; L = 4 à 5 m. La rivière coule ici en plaine et son débit augmente fortement. Lit uniforme d'alluvions récentes (galets, graviers et sable avec des macrophytes et des blocs sur les bords). Épaisseur d'eau réduite et uniforme. L'écoulement est modéré à rapide (V maxi = 59 cm/s ; V mini = 3, V moy = 37, σ = 15,0, n = 20). Mentionnons, à titre comparatif, la vitesse du flot de la source Ed Dalli elle-même, canalisée au point de déversement, et en crue (avril) : jusqu'à 289 cm/s en surface ! Sur les berges, une ripisylve développée et des cafés-restaurants.

Station 7 : la rivière El Jaouz en amont de la cascade de Kfar Hilda

En aval des deux villages de Kfar Hilda et de Bsâtine El Aossi, et en amont de la cascade : A = 565 m ; D = 15 km ; L = 2 à 3 m. Le substrat du cours axial est formé de blocs et de cailloux ; sur les bords il devient vaseux et sableux, riche en débris végétaux en décomposition. Courant lent à modéré (V maxi = 30 cm/s ; V mini = 3, V moy = 14, σ = 9,6, n = 5) et profondeur variant de 50 à 120 cm. En aval, le lit est très resserré et l'eau s'échappe en une cascade multiple de 180 m de dénivellation. La profondeur rend la prospection de cette station difficile. La ripisylve est clairsemée. Cette station reçoit les eaux usées et les déchets urbains des villages situés en amont et de la plaine de Kfar Hilda, un secteur hautement agricole. Il s'agit du secteur du cours d'eau le plus pollué ; le lit est en outre bordé d'un côté par le pont routier et de l'autre par plusieurs cafés-restaurants.



À gauche, station 4 : ruisseau Aïn er Râha à proximité de Tannourîne Et Tahta.
À droite, station 7 : riv. El Jaouz en amont de la cascade de Kfar Hilda.



Left, station 4: Aïn er Râha stream in the vicinity of Tannourîne Et Tahta.
Right, station 7: El Jaouz riv. upstream from Kfar Hilda falls.

Station 8 : la rivière El Jaouz près de la centrale hydroélectrique de Boqsmāiḡa

En aval des deux villages de Boqsmāiḡa et de Kaftoun : A = 208 m ; D = 30 km ; L = 3 m. Au niveau de ce secteur, l'eau d'El Jaouz, turbinée dans la centrale hydroélectrique de Boqsmāiḡa, se déverse dans un canal d'irrigation en béton jusqu'à Batroun. N'emprunte plus le lit de la rivière qu'une très faible partie du débit ; l'écoulement y est le plus souvent réduit à des flaques d'eau reliées par un filet à peine perceptible (vitesse du courant soit nulle soit non mesurable au micromoulinet) ; en novembre, cette station s'assèche même. Au contraire, en avril ce secteur est en crue. Le maximum thermique observé est très élevé. Le substrat, partiellement recouvert par des algues vertes filamenteuses, est composé essentiellement de galets, graviers, sables et limons. La ripisylve est développée.

Station 9 : la rivière El Jaouz en amont du pont de la route Beyrouth-Tripoli

Elle se trouve à 4 km en amont de l'embouchure, près du minuscule Château fort Croisé Qa-laāt Mseilha et d'une carrière : A = 43 m ; D = 34 km ; L = 3 à 6 m. En raison d'une importante prise d'eau pour l'irrigation en amont, l'écoulement à cette station est temporaire, limité à la période des hautes eaux (de décembre à avril, parfois mai), de vitesse moyenne ($V_{\text{maxi}} = 56$ cm/s, $V_{\text{mini}} = 32$, $V_{\text{moy}} = 46$, $\sigma = 10,0$, $n = 4$), pour un assec de l'ordre de sept mois par an. Le substrat de ce biotope ressemble beaucoup à celui de la station précédente, mais avec une prolifération d'algues vertes filamenteuses et de macrophytes en avril-mai.

Remerciements

Monsieur J. Lascaux, lorsqu'il était Attaché Culturel à l'Ambassade de France à Beyrouth, a apporté un soutien important au second auteur, lors de ses missions au Liban ; qu'il en soit vivement remercié.

Travaux cités

- ABBOUD-ABI SAAB, M., K. SLIM & R. ANDARY. 2002. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique du fleuve Nahr el Jawz et son apport nutritif au milieu marin. *Hannon*, 1999-2002, **25** : 105-128.
- ABI-SALEH, B. 1978. *Étude phytosociologique, phytodynamique et écologique des peuplements sylvatiques du Liban*. Thèse Doctorat d'État, Université Aix-Marseille III, 184 pp. + 14 figs + 22 tabl.
- BERG, K. et coll. 1948. Biological studies on the river Susaa. *Folia limnologica scandinavica*, **4** : 1-318.
- CAILLEUX, A. 1954. Limites dimensionnelles et noms des fractions granulométriques. *Bulletin de la Société géologique de France*, **4** : 643-646.
- DIA, A. Cycle des principaux paramètres physico-chimiques des eaux de la rivière El Jaouz (Liban Nord). À paraître.
- DIA, A. & A. THOMAS. 2007. Écologie et biomonitoring des cours d'eau du Liban septentrional. 1. La rivière Aarqa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). *Ephemera*, **7** (2) : 115-127.



En haut, station 5 : rivière El Jaouz en amont de la confluence avec la source Ed Dalli.
En bas, station 6 : riv. El Jaouz en aval de la confluence avec la source Ed Dalli.

Above, station 5: El Jaouz River upstream from the junction with the Ed Dalli spring.
Below, station 6: El Jaouz riv. downstream from the junction with the Ed Dalli spring.



En haut, station 8 : riv. El Jaouz près de la centrale hydroélectrique de Boqsmāiya.

En bas, station 9 : riv. El Jaouz à Mseilha.

Above, station 8: El Jaouz riv. close to the hydro-electric station of Boqsmāiya.

Below, station 9: El Jaouz riv. at Mseilha.