

Etude hydrobiologique d'un cours d'eau du Moyen-Atlas : l'oued Tizguit (Maroc)

M. Touabay¹
N. Aouad¹
J. Mathieu²

Mots-clés : Oued Tizguit, Moyen-Atlas, paramètres physico-chimiques, inventaire faunistique, richesse spécifique, évolution temporelle, variation longitudinale.

Le but de cette étude est de mieux connaître la qualité de l'eau et la macrofaune benthique des cours d'eau marocains du Moyen-Atlas. L'Oued Tizguit a été choisi pour son accessibilité et la variété de son environnement. Onze stations ont été suivies en mesurant 8 paramètres physico-chimiques et en faisant l'inventaire faunistique pendant un cycle hydrologique. Ce travail montre que la qualité de l'eau évolue dans le temps selon un gradient amont-aval. Des prélèvements qualitatifs ont permis de dénombrer 167 taxons appartenant à différents groupes où les Coléoptères sont majoritaires. La distribution de cette macrofaune semble déterminée par la variation longitudinale des différents paramètres du milieu, et sa composition doit son originalité, en partie, à la qualité de l'eau du milieu.

Hydrobiological study of a river from the Moyen-Atlas : the Tizguit wadi (Morocco)

Keywords : Tizguit wadi, Moyen-Atlas, physical and chemical factors, fauna inventory, species richness, changes with time, longitudinal changes.

The aim of this study is to gain a better understanding of the water quality and the benthic macrofauna of Moroccan rivers from the Moyen-Atlas. The Tizguit wadi was chosen for its accessibility and its environmental variability. Eight physical and chemical factors were measured and the fauna inventory was made at 11 sites during an hydrological cycle. The results showed that changes occurred along an upstream-downstream gradient. The number of sampled taxa was 167 belonging to different groups, where Coleoptera were dominant. The distribution of this fauna depends mainly on the environmental factors, and the originality of its composition depends on the water quality.

1. Introduction

Le Maroc, grâce à ses façades atlantique et méditerranéenne, possède l'un des plus importants et des plus diversifiés réseaux hydrographiques du nord de l'Afrique. Ses eaux continentales, de par leur richesse et leur diversité, ont suscité l'intérêt de chercheurs, dont Beauchamp (1949), Iablokoff (1954), Aouad (1984, 1991),

Giudicelli & Dakki (1984), Dakki (1986 a, 1987), Es-safi et al. (1993). Malheureusement, peu de travaux ont fait l'objet de suivis, tant au niveau des variations des facteurs d'environnement que des facteurs biologiques (Badri 1985, Benhoussa et al. 1988, Dakki 1985 a, 1985 b, 1986 b, Qninba et al. 1988, El Agbani et al. 1992). Certains concernent la qualité de l'eau sur des plans physico-chimiques et bactériologiques (Chahlaoui et al. 1997), mais la plupart sont des travaux non publiés.

Ce travail réalisé sur l'oued Tizguit est original, dans la mesure où aucune recherche hydrobiologique n'y avait été faite auparavant, et il contribue à une meilleure connaissance des cours d'eau du Moyen-Atlas marocain. Il a donc semblé intéressant d'axer ces investiga-

1. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar El Mehrez- B.P. 1796 Atlas, Fès (Maroc).

2. Université Claude Bernard Lyon I, Hydrologie et Ecologie Souterraines, U.M.R. C.N.R.S. 5023, 43 Bd du 11 novembre 1918, 69622, Villeurbanne cedex (France).

tions sur les composantes abiotiques et leur évolution, de façon à déterminer leur influence sur la composition et la structure des peuplements benthiques. La prise en considération approfondie de la faune aquatique, par l'étude de la structure des peuplements devrait permettre une meilleure connaissance du milieu et une évaluation plus précise de la qualité de cet écosystème aquatique.

2. Présentation du milieu d'étude et choix des stations

2.1. Localisation géographique

Le Moyen-Atlas d'orientation Nord-Est, Sud-Ouest constitue l'élément central de l'ensemble montagneux marocain. Il est limité au nord par le couloir sud-rifain qui le sépare de la chaîne du Rif, au sud par le Haut-Atlas et la haute Moulouya, à l'est par la vallée de la moyenne Moulouya et à l'ouest par le plateau central.

L'oued Tizguit (Fig. 1) se situe dans le causse moyen-atlasique, et constitue le cours supérieur de l'oued Mikkes (Zeryouhi 1977). Le bassin versant, d'une superficie de 475 km² est constitué essentiellement de formations calcaires et dolomitiques, d'âge liasique, qui reposent sur le Trias argileux et basaltique (Colo 1960-61). Il se situe dans l'étage bioclimatique humide. Le climat est montagnard de type méditerranéen, avec un été chaud et sec et un hiver froid et pluvieux. Son bassin versant est peuplé de cédraies denses, de pelouses et de steppes à chamaephytes ligneux. La ripisylve (peupliers, saules...) est importante et borde le cours d'eau sur pratiquement tout son parcours.

2.2. Description des stations

Onze stations situées le long de l'oued Tizguit (Fig. 1) ont été retenues pour cette étude. Leurs caractéristiques sont regroupées dans le tableau 1.

— Les stations SS0, SS1 et SS2, localisées les plus à l'amont du système, sont temporaires. Elles sont situées dans une zone caractérisée par l'absence totale de végétation et par la forte perméabilité du terrain. Leur mise en eau, de courte durée (décembre à juin), est assurée par les fortes précipitations de l'hiver et par la remontée de la nappe phréatique. Ces stations, et particulièrement la source (SS0) qui sort du massif karstique, sont très fréquentées par la population rurale.

— La station S1 se situe à l'aval immédiat de la confluence de l'oued Tizguit avec l'Oued Bousraf. La végétation environnante y est très développée et la couverture forestière enchevêtrée.

— La station S2, dont les eaux sont strictement d'origine souterraine, est une résurgence karstique de la nappe phréatique de l'oued Tizguit. Le lit est de faible largeur. Il est tapissé de cailloux rugueux, de graviers et de galets.

— La station S3 est profonde, aux eaux calmes, et se situe à 16,5 m de la résurgence. De fortes averses, survenues fin novembre 1996, ont provoqué un lessivage des rives et rendu les eaux de cette station très boueuses et troubles.

— La station S4 se caractérise par une végétation aquatique et riveraine diversifiée et abondante. Au niveau de cette station, l'oued Tizguit reçoit un affluent karstique qui provient de la source Aïn Termilat.

— La station S5 est située juste en aval de la ville d'Ifrane et en reçoit les eaux résiduaires. Les eaux sont troubles, de couleur noirâtre et ont une faible vitesse d'écoulement.

— La station S6 est située en bordure de la route Ifrane-El Hajeb. C'est un bras mort peu profond, de faible vitesse de courant, et très ensoleillé en raison de l'absence de couverture forestière.

— La station S7, au confluent du ruisseau provenant de la source Vittel avec l'oued Tizguit, est soumise à une influence touristique particulièrement intense en été.

— La station S8, au confluent de l'oued Tizguit avec l'oued Zerrouka, est une zone très ombragée par suite de la présence de vieux peuplements forestiers.

3. Matériel et méthodes

3.1. Paramètres physico-chimiques

Une étude des paramètres physico-chimiques de l'eau a été entreprise au niveau de chacune des stations, dans le but de connaître les modifications de sa qualité, en fonction de son origine (épigée ou souterraine, ou de son mélange), et du temps. Pour chaque station, les paramètres suivants ont été mesurés mensuellement d'avril 1996 à mars 1997 : température de l'air et de l'eau, pH, conductivité et minéralisation, oxygène dissous, teneurs en Ca²⁺, Mg²⁺, alcalinité (HCO³⁻) et dureté totale (THT). Les mesures ont été effectuées au laboratoire sur des échantillons d'eau de 500 ml placés dans une boîte isotherme.

Le dosage de l'oxygène dissous est effectué par la méthode de Winkler (Rodier 1996), l'oxygène étant fixé sur le terrain, et la teneur en O₂ est exprimée en mg/l.

Le pH est mesuré à l'aide d'un électro-pH-mètre (modèle WTW PH/SET-1).

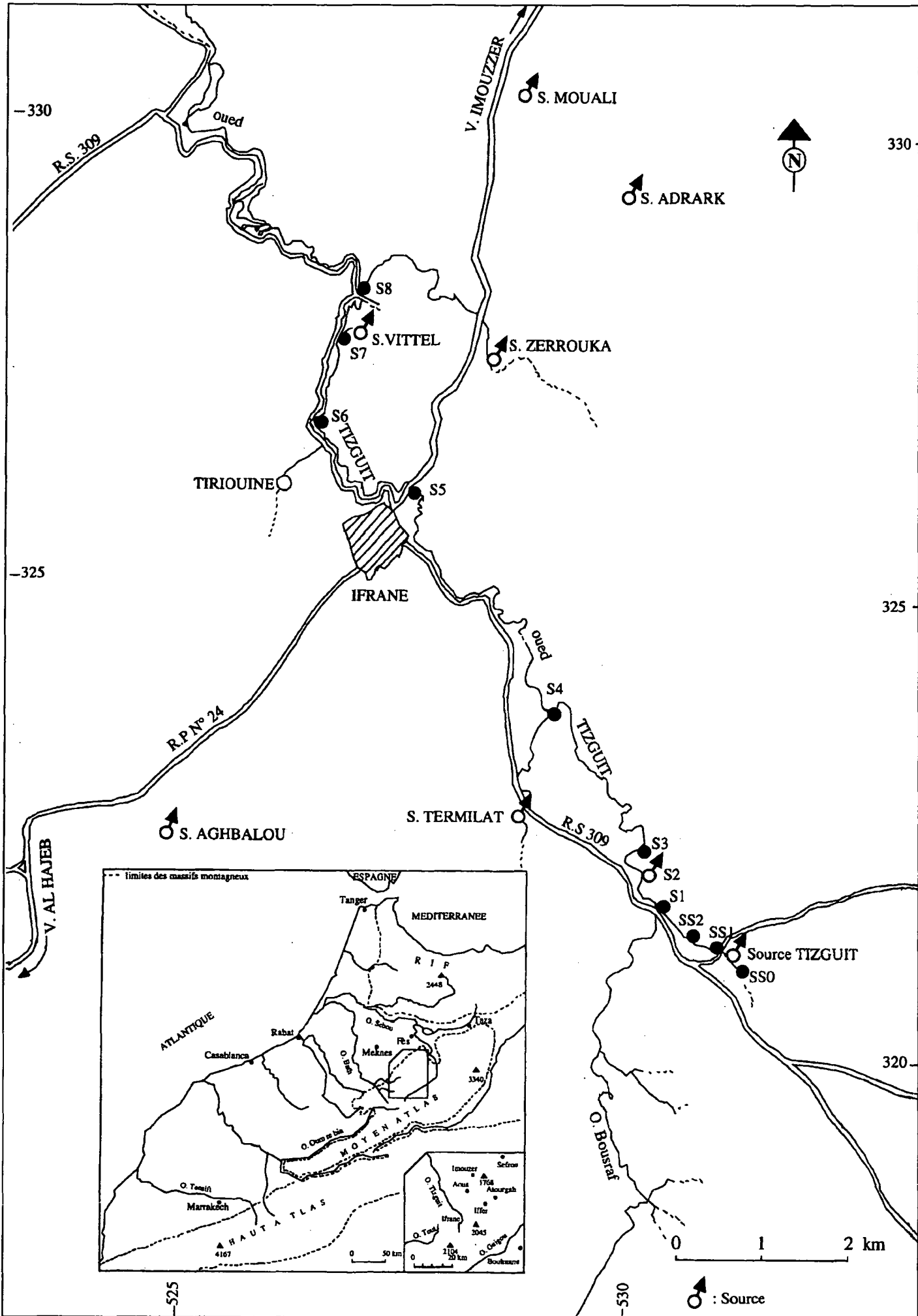


Fig. 1. Localisation des stations d'étude le long de l'oued Tizguit
 Fig. 1. Location of the sites along the oued Tizguit.

Tableau 1. Données mésologiques des stations.
Table 1. Environmental data of the stations.

stations	coordonnées Lambert		altitude (m)	largeur moyenne (m)	profondeur moyenne (cm)	pente		distance à la source (km)	mise en eau	substrat	végétation environnante	végétation aquatique
	x	y				moyenne (%)	0					
SS0	530,4	321,35	1700	4,5	33	0,26	0	temporaire	dalles, pierres blocs, gros galets	gazonnante	algues filamenteuses	
SS1	530,3	321,6	1690	3	32	2,17	0,46	idem	cailloux, petits galets, graviers	absente	Algues vertes <i>Chara sp.</i>	
SS2	530,2	321,65	1695	2,5	30	0,38	1,76	idem	cailloux, galets	absente	absente	
S 1	529,85	322,05	1680	5,2	80	0,93	3,36	permanente	sablo-limoneux noirâtre, débris végétaux en décomposition	très développée	<i>Glyceria fluitans</i> <i>Lemna sp.</i> <i>Juncus acutus</i>	
S 2	530	322,1	1675	0,9	25	5	3,46	idem	cailloux rugueux galets, graviers	peu abondante	absente	
S 3	529,95	323,2	1670	3,5	85	30	3,48	idem	cailloux, petits galets, limons	peu abondante	<i>Glyceria fluitans</i> <i>Carex fusca</i>	
S 4	528,9	323,75	1660	6	75	2	3,98	idem	vaseux, matière organique en décomposition	abondante et diversifiée	<i>Ranunculus aquatilis</i> <i>Iris pseudacorus</i> <i>Lemna sp.</i> , <i>Carex</i> <i>panica</i> , <i>Typha sp.</i> <i>Ranunculus aquatilis</i>	
S 5	527,55	325,95	1650	1,2	50	0,14	10,98	idem	limono-argileux	abondante	algues filamenteuses	
S 6	526,3	326,4	1620	5,5	63	2,3	12,28	idem	vase sableuse petits galets	peu abondante	<i>Juncus acutus</i> <i>Scripus lacustris</i>	
S 7	526,7	327,7	1565	4	70	16,1	12,62	idem	galets, graviers débris organiques en décomposition	abondante	<i>Juncus acutus</i> <i>Phragmites commu-</i> <i>nis</i> , <i>Ranunculus</i> <i>aquatilis</i>	
S 8	525,6	333,3	1590	7,6	90	0,63	16,62	idem	limono-sableux	dense couverture forestière	<i>Juncus acutus</i> , <i>Meniha aquatica</i> <i>Carex fusca</i> <i>Typha angustifolia</i>	

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre (modèle WTW LF 318/SET) et exprimée en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}$ à une température de 20°C .

La dureté totale ou teneur en alcalino-terreux (concentration totale en ions calcium, magnésium et autres ions bivalents et trivalents exprimée en mg/l) a été déterminée par titrimétrie à l'EDTA (Rodier 1996).

L'alcalinité (TAC) a été mesurée avec la méthode décrite par Rodier (1996). Elle est exprimée en mg/l de HCO_3^- .

3.2. Prélèvements de faune

Les prélèvements de faune ont été effectués au filet troubleau. Au niveau de chaque station, et afin de récolter le maximum d'espèces, chaque échantillon est constitué de trois prélèvements élémentaires suivant un transect réalisé d'une rive à l'autre (à l'exception de la station S3, trop profonde). Les résultats des trois prélèvements élémentaires sont globalisés dans les différentes analyses.

Comme pour les mesures physico-chimiques, les récoltes de faune ont été faites mensuellement, du mois d'avril 1996 au mois de mars 1997. Les stations temporaires situées le plus en amont (SS0, SS1, SS2) n'ont pu être prélevées lors de la période d'assec, de juillet à novembre 1996. Une crue survenue fin oc-

tobre, début novembre 1996, a empêché tout prélèvement dans les stations situées à l'aval.

Les résultats semi-quantitatifs sont exprimés comme suit : 1 = nombre moyen d'individus d'une espèce récoltée lors de la campagne compris entre 1 et 5 ; 2 = entre 6 et 10 ; 3 = entre 11 et 20 ; 4 > 21.

3.3. Analyse statistique

Les données physico-chimiques et faunistiques ont été traitées par analyses en composantes principales et analyses factorielles des correspondances avec le logiciel ADE (Analysis of Environmental Data) de Thioulouse et al. (1997)

4. Résultats

4.1. Paramètres physico-chimiques

Les variations temporelles et stationnelles des composantes physico-chimiques sont représentées sur les figures 2 et 3.

L'analyse en composantes principales permet de faire ressortir un gradient amont - aval sur le plan F1 - F2 (les deux premiers facteurs F1 et F2 expliquent 89% de la variabilité totale). Il tend à séparer sur l'axe F1 les

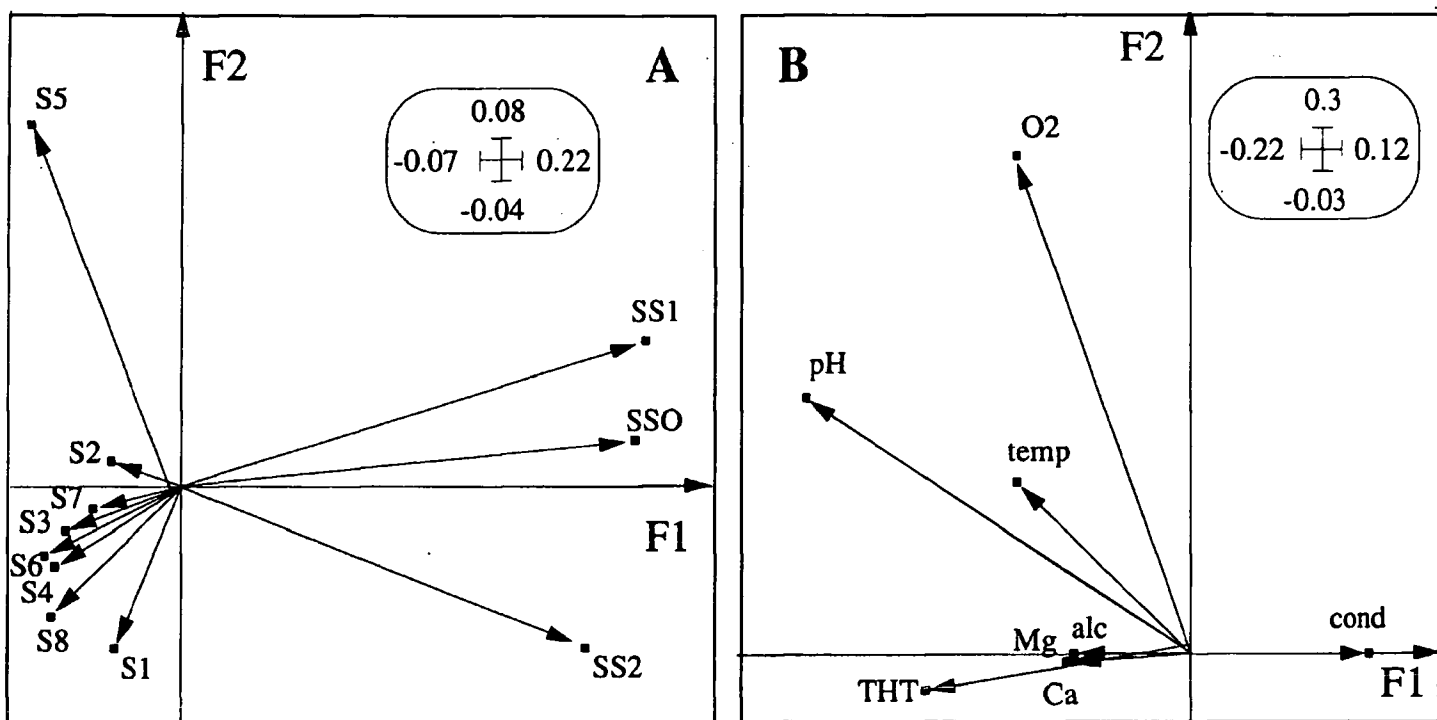


Fig. 2. Analyse en Composantes Principales des paramètres physico-chimiques. Plan factoriel F1-F2. A : carte des stations (SS0 à S8), B : carte des paramètres écologiques. temp = température, pH, O2 = oxygène dissous, cond = conductivité, alc = alcalinité, THT = dureté totale, Mg = magnésium, Ca = calcium

Fig. 2. Principal Components Analysis on the physical and chemical parameters. F1-F2 plane of the factorial maps of sampling sites (A) and ecological parameters (B) SS0 to S8 represent the stations. temp = temperature, pH, O2 = dissolved oxygen, cond = conductivity, alc = alkalinity, THT = total hardness, Mg = Magnesium, Ca = Calcium.

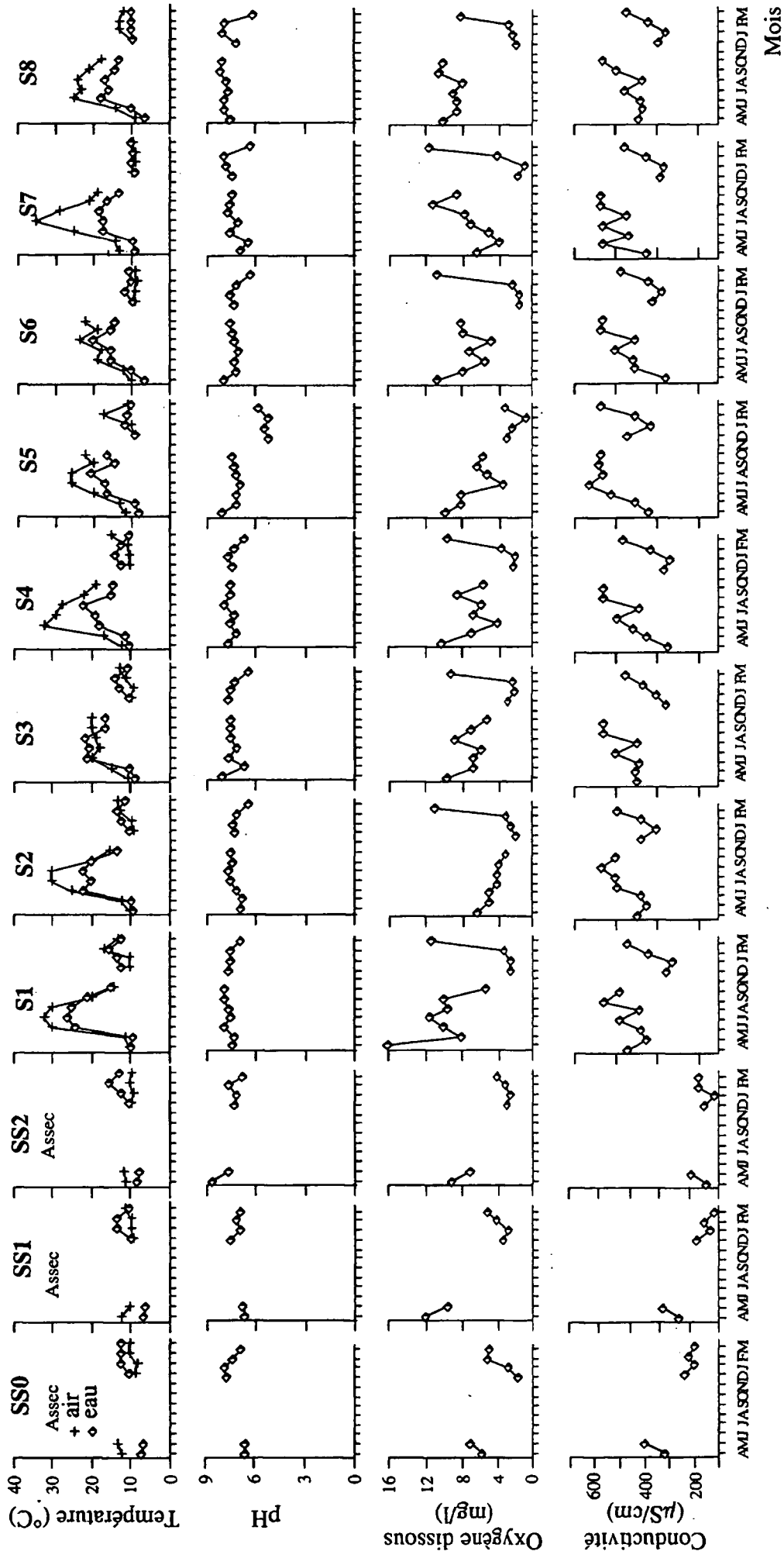


Fig. 3. Evolution temporelle des différents paramètres physico-chimiques : température, pH, oxygène dissous, conductivité, TAC (alcalinité), THT (dureté totale), magnésium, Calcium.

Fig. 3. Changes in physical and chemical parameters versus time : temperature, pH, dissolved Oxygen, conductivity, TAC (alkalinity), THT (total hardness), Magnesium, Calcium.

stations temporaires situées les plus à l'amont, et dont l'ensemble des valeurs des paramètres sont plus faibles que celles des autres stations (en particulier la conductivité). L'axe F2 sépare la station S5, caractérisée par une faible teneur en oxygène dissous et un faible pH, située à l'aval de la ville d'Ifrane (Fig. 2) des autres stations.

L'analyse spatio-temporelle des différents paramètres permet d'expliquer ces résultats (Fig. 3) :

1 - Régime thermique

Les variations saisonnières de la température de l'eau suivent celles de l'air, avec des maxima à la fin du printemps et en été, mais présentent de plus faibles amplitudes.

La température de l'eau est plus faible dans les stations temporaires (SS0, SS1 et SS2 : entre 6° et 13°C), pour lesquelles il n'a pas été possible de faire de mesures en été, que dans les stations permanentes (entre 8° et 20°C). Le maximum a été enregistré en juin, juillet et août dans la station S1 (26°C) malgré un important couvert végétal. Cette valeur importante est due aux apports de l'oued Bousraf dont les eaux ont une température plus élevée.

2 - pH

Le pH est voisin de la neutralité (entre 7 et 8) dans toutes les stations à l'exception de S5, pour laquelle il est de l'ordre de 5, de décembre 1996 à mars 1997. L'acidité de l'eau de cette station, en cette période, est certainement due aux eaux résiduaires qui y sont déversées.

3 - Oxygène dissous

En SS0, la teneur est de l'ordre de 6-8 mg/l, valeur élevée, voisine de la saturation, comparée aux valeurs données pour les sources karstiques par Nisbet & Verneaux (1970).

Les variations saisonnières de la teneur en O₂ dissous dans l'eau des stations sont très marquées.

Au printemps, suite à une production accrue (en particulier par la prolifération d'algues filamenteuses), la teneur atteint des valeurs importantes : jusqu'à 16 mg/l en avril 1996, à la station S1. C'est dans la station S5 qu'elle est la plus basse.

Au début de l'hiver, curieusement, les valeurs observées sont peu élevées et comprises entre 1 et 4 mg/l

4 - Conductivité

Proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue une bonne indication du degré de minéralisation d'une eau. D'après les classes proposées par Nisbet & Verneaux (1970), l'eau de l'oued Tizguit

passé d'une minéralisation moyenne (200 à 400 µS/cm) dans les stations temporaires situées en amont (SS0, SS1, SS2) à une minéralisation plus élevée (300 à environ 600 µS/cm) dans les stations permanentes (S1 à S8). Les variations sont saisonnières, avec maxima au printemps et en été.

5 - Dureté totale (THT), calcique et magnésienne

La dureté totale est comprise entre 80 et 300 mg/l dans les stations SS0, SS1 et SS2, entre 140 et 300 mg/l dans S1, S2 et S3 et entre 150 et 420 mg/l dans les autres stations S4 à S8. Ce paramètre présente des valeurs, échelonnées sur les trois dernières classes (4, 5, 6) de Nisbet & Verneaux (1970), qui correspondent à des eaux de plus en plus dures de l'amont vers l'aval, sans qu'il existe de véritable gradient, particulièrement en saison estivale où la solubilité du CO₂ diminue lorsque la température est plus élevée.

La dureté calcique varie de 32 à 100 mg/l dans SS0, SS1 et SS2, de 50 à 125 mg/l dans S1, S2 et S3 et de 80 à 170 mg/l dans S4 à S8. Ces valeurs élevées sont dues aux calcaires du Jurassique qui constituent le substrat principal du bassin versant de l'oued Tizguit.

La teneur en magnésium évolue de façon identique à celle du calcium, avec cependant des valeurs plus faibles dans les stations temporaires (20 à 70 mg/l) et légèrement plus élevées dans les stations permanentes (50 à 100 mg/l). Le magnésium est essentiellement dû à la présence de calcaires dolomitiques dans le bassin versant.

6 - Alcalinité (TAC)

Les valeurs de ce paramètre augmentent globalement de l'amont vers l'aval. Elles varient de 75 à 270 mg/l et sont conformes à celles trouvées dans les régions calcaires, comme le Jura, où les valeurs sont généralement comprises entre 100 et 250 mg/l (Rodier 1996).

4.2. Etude faunistique

Un inventaire, le plus exhaustif possible, de la faune du cours d'eau a été réalisé ainsi qu'un essai de suivi de la dynamique des peuplements.

4.2.1. Analyse globale

Le plan factoriel F1 - F2 de l'analyse des correspondances (Fig. 4) fait apparaître sur l'axe F1 l'opposition entre les stations situées à l'amont de la ville d'Ifrane (S1 à S4) et les stations S5 à S8 à l'aval (la station S5, située immédiatement à l'aval d'Ifrane étant la plus éloignée de la station S1), les deux premiers facteurs F1 et F2 expliquent 53 % de la variabilité totale. Sur l'axe F2, les stations temporaires de l'amont, SS0 à

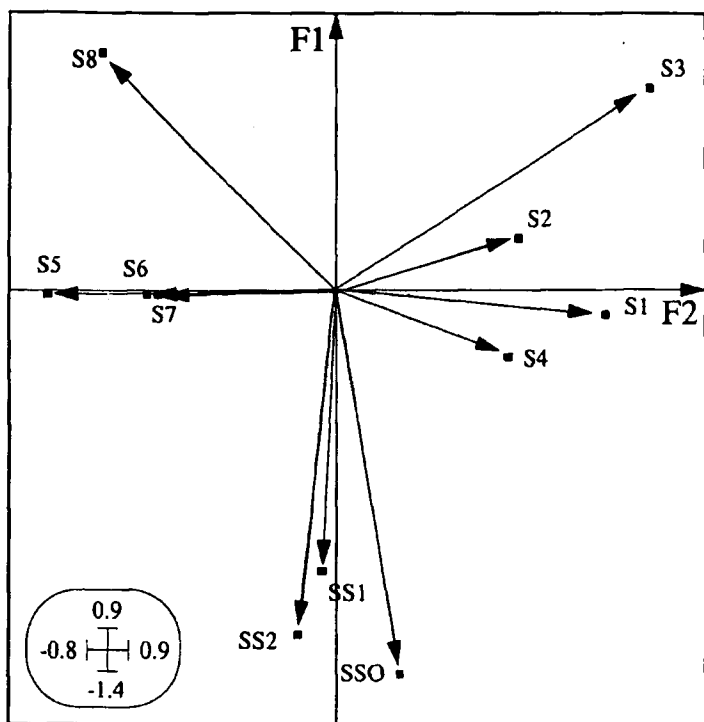


Fig. 4. Analyse Factorielle des Correspondances sur les données biologiques. Plan F1-F2. SS0 à S8 : code des stations.

Fig. 4. Correspondance Analysis of the biological data. F1-F2 plane of the factorial map. SS0 to S8 : represent the stations.

SS2, s'opposent aux stations pérennes de l'aval. Cette organisation s'explique par l'étude de l'inventaire faunistique et de la richesse spécifique, ainsi que par l'évolution temporelle du peuplement.

4.2.2. Inventaire faunistique et richesse spécifique globale

Les prélèvements semi-quantitatifs ont permis de recenser 167 taxons pour lesquels, dans la mesure du possible, la détermination a été faite jusqu'à l'espèce, à l'exception des Diptères et des Arachnides, déterminés seulement à la famille.

Ces taxons sont constitués, par ordre de richesse spécifique décroissante (Tableau 2), de Coléoptères (54), Hétéroptères (27), Mollusques (23), Diptères (17), Ephéméroptères (16), Trichoptères (7), Annélides (6), Odonatoptères (6), Crustacés (4), Arachnides (4) et Plécoptères (4).

Dans le cours supérieur, on note une augmentation de la richesse spécifique de l'amont vers l'aval (Tableau 2) (11 espèces en SS0, 18 en SS1 et 28 en SS2) ainsi que du nombre de groupes : en SS0, 9 espèces sur 11 appartiennent à l'ordre des Coléoptères, puis apparaissent progressivement, en SS1 et SS2, d'autres groupes faunistiques, dont les Mollusques, les Hétéroptères, les Diptères et d'autres espèces de Coléoptères, comme les Hydrocanthares. Comparée au nombre total

d'espèces recensées sur l'ensemble de l'oued (167), cette richesse reste faible. La pauvreté de ces trois stations est certainement la conséquence d'une végétation environnante et aquatique peu abondante, voire absente, d'un substrat caillouteux, et surtout d'une courte durée de mise en eau.

Lors de l'assèchement de ces stations en juin 1996, la prospection à l'intérieur du substrat a toutefois permis de récolter des larves d'Hydrophilidés (genre *Helophorus*), Hydrocanthares et Diptères. Une nouvelle prospection jusqu'à - 15 cm, juste avant la remise en eau, n'a pas permis de trouver des organismes dans les sédiments devenus trop secs ; cet assèchement ne permet pas le déroulement normal du cycle vital.

Par rapport aux trois précédentes, la première station permanente de l'oued Tizguit (S1) montre une importante richesse spécifique (Tableau 2) : 75 taxons, dont la moitié sont des Coléoptères, notamment des Dytiscidés et des Hydrophilidés. L'oued Bousraf, qui se déverse dans l'oued Tizguit au niveau de cette station, l'enrichit très probablement par le phénomène de dérive (14 espèces exclusives).

Cet enrichissement de la faune par la dérive s'observe également au niveau des stations S4, S7 et S8 qui sont des points de confluence avec respectivement l'Aïn Termilet, la source Vittel et l'oued Zerrouka. En dehors de la station S1, elles présentent en effet elles aussi le plus grand nombre de taxons et d'espèces exclusives (respectivement 8 pour S4 sur 66 taxons, 9 pour S7 sur 84 taxons et 10 pour S8 sur 70 taxons (Tableau 2). Ces stations constituent, en effet, des milieux favorables à l'installation d'une faune plus riche et plus diversifiée (en particulier Mollusques, Ephéméroptères, Hétéroptères et Coléoptères) grâce à une végétation environnante et aquatique abondante, un substrat riche en matière organique en décomposition.

La station S2, qui est alimentée directement par une résurgence karstique, est la moins diversifiée et la moins peuplée. On y rencontre principalement quelques Ephéméroptères, Hétéroptères, Coléoptères, mais pas de Trichoptères.

La station S3, la plus profonde, n'a pu faire l'objet d'un transect de 3 prélèvements unitaires d'une rive à l'autre. Elle est relativement diversifiée, et les taxons exclusifs sont essentiellement des Coléoptères inféodés aux eaux troubles.

La station S6, comparée aux stations situées plus en amont, présente une richesse spécifique plus faible (50 taxons), vraisemblablement en raison de sa configuration de bras mort, où la vitesse du courant est très faible, et de l'absence de végétation rivulaire.

Tableau 2. Liste des taxons recensés dans les différentes stations de l'oued Tizguit. 1 : moyenne du nombre d'individus d'une espèce récoltés lors de la campagne compris entre 1 et 5 ; 2 : compris entre 6 et 10 ; 3 : compris entre 11 et 20 ; 4 : 4 > 21.

Table 2. List of the taxa sampled in the stations of the Oued Tizguit. 1 : species whose mean numbers of individuals were between 1 and 5 ; 2 : those between 6 and 10 ; 3 : between 11 and 20 ; 4 > those above 21.

Stations	SS0	SS1	SS2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
ANNELIDES											
<i>Glossiphonia complanata</i> L.						1		4		1	
<i>Helobdella stagnalis</i> L.						1			1		
<i>Haemopsis sanguisuga</i> L.							1	4			
<i>Haplotaxis gordioides</i> Hartmann			2	3	1		2	4		1	2
Tubificidae						3	4	1	4	1	2
N taxons	5	0	1	1	1	4	3	4	2	3	2
MOLLUSQUES											
<i>Theodoxus fluviatilis</i> L.				2		1		1	1	2	2
<i>Gyraulus laevis</i> Alder							1	1	1	2	2
<i>Segmentina nitida</i> Müller					1		1	1	1	1	1
<i>Succinea debilis</i> Morelet			1		1	1	2	1	2	2	2
<i>Melanopsis praemorsa</i> L.								1		2	
<i>Melanopsis costellata</i> F.								1	2	1	1
<i>Mercuria confusa</i> F.							1		1	4	
<i>Valvata piscinalis</i> Müller								1	2		
<i>Valvata cristata</i> Müller				1			1	1	2	2	2
<i>Ancylus fluviatilis</i> Müller											1
<i>Lymnaea peregra</i> Müller											1
<i>Lymnaea truncatula</i> Müller			2	2	2			2	2	4	2
<i>Lymnaea stagnalis</i> L.								1		2	1
<i>Physa acuta</i> Drap.				2	2	2	3	2	2	4	
<i>Planorbis planorbis</i> L.			2		1	2	2	3	1	1	2
<i>Anisus spirorbis</i> L.										1	1
<i>Gyraulus cristata</i> L.									1	2	
<i>Acroloxus lacustris</i> L.										1	
<i>Bulinus truncatus</i> Audouin								1		1	
<i>Ferrissia</i> sp.											1
<i>Pisidium</i> sp.								2	1		1
<i>Pisidium casertanum</i> Poli								1			
<i>Margaritifera</i> sp.								2			1
N taxons	23	0	3	3	6	4	4	8	16	13	16
ARACHNIDES											
Zodariides			1		1		1	2	2	2	1
Theridides											1
<i>Xysticus</i> sp.					1		1			1	1
<i>Pholcus</i> sp.							1	2	2	1	1
N taxons	4	0	1	0	2	0	3	2	2	2	4
CRUSTACES											
<i>Gammarus pulex</i> L.									3		
<i>Gammarus gauthieri</i> P.								4	4	4	4
<i>Asellus aquaticus</i> Geoffroy						1		1			
<i>Apus producta</i> Bosc.								2			
N taxons	4	0	0	0	0	0	1	0	3	2	1
EPHEMEROPTERES											
<i>Potamanthus luteus</i> L.				4	2	3	4	1	2	3	2
<i>Epeorus sylvicola</i> Pictet				2	1	2	1	1			
<i>Ecdyonurus rothschildi</i> Navas				1	1	2	3	1		2	1
<i>Ecdyonurus forcipula</i> Pictet.				1			1				
<i>Rhithrogena</i> sp.				1	1	1	2	2			1
<i>Rhithrogena ayadi</i> D.& T.				1			2	2			
<i>Oligoneuriella skoura</i> D.& G.							2			1	
<i>Oligoneuriopsis skhounate</i> D.&G.							2			1	1
<i>Baetis rhodani</i> Pictet				3		2	1	1			1
<i>Brachycercus</i> sp.							1				
<i>Ephemera</i> sp.				2	1	2				2	1
<i>Ephemera glaucops</i> Pictet				1						1	1
<i>Ephemerella</i> sp.							1				
<i>Ephemerella ignita</i> Poda							1				
<i>Prosopistoma</i> sp.								1			
<i>Ephoron virgo</i> Olivier				1							
N taxons	16	0	0	0	10	5	6	12	7	1	6

Tableau 2. Suite

Table 2. Continued.

PLECOPTERES

<i>Brachyptera algerica</i> Aubert									1		1	
<i>Capnia</i> sp.												1
<i>Protonemoura algerica</i> Aubert				2								1
<i>Perla marginata</i> Panzer						3					1	
N taxons	4	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	2

ODONATES

<i>Libellula quadrimaculata</i> L.				2				2	1			
<i>Aeschna mixata</i> Latr.				1			2				1	
<i>Anax imperator</i> Leach				1			2					
<i>Gomphus simillimus</i> Syls				1								
<i>Cordulegaster annulatus</i> Latr.								2				
<i>Lestes barbarus</i> Fab.				3	3	4	4				2	3
N taxons	6	0	0	0	5	1	3	3	1	0	2	1

HETEROPTERES

<i>Hebrus ruficeps</i> Thomson								2				
<i>Mesovelia</i> sp.							1				1	1
<i>Mesovelia pygmae</i> Duf.											1	
<i>Hydrometra stagnorum</i> L.							3				1	1
<i>Velia ioannis</i> Tamanini								3				
<i>Velia currens</i> F.											1	1
<i>Velia saulii</i> Tamanini										1		
<i>Velia africana</i> Tamanini							1		1	1	1	1
<i>Velia rivulorum</i> Fab.											1	
<i>Gerris lacustris</i> L.			1	1	1		1	1		1	2	1
<i>Gerris najas</i> De Geer									2			
<i>Nepa cinerea</i> L.								1	1	2	1	1
<i>Nepa remyi</i> Poisson									1		2	1
<i>Nepa rubra rubra</i> L.				1							1	2
<i>Nepa rubra minor</i> Puton											1	
<i>Naucoris maculatus maculatus</i> F.						1		1				
<i>Aphelocheirus aestivalis</i> F.							1	1		1		
<i>Notonecta pallidula</i> Poisson.				1								
<i>Notonecta glauca</i> L.	1	1	1	2	1	2	1			1	2	1
<i>Notonecta maculata maculata</i> F.											1	
<i>Notonecta furcata</i> F.												1
<i>Notonecta obliqua meridionalis</i> P.						1	1					
<i>Notonecta glauca rufescens</i> P.			1	1						2		
<i>Plea minutissima</i> Füssl.				3			2	3				
<i>Sigara lateralis</i> Leach							3	2				
<i>Corixa punctata</i> Illiger.				1	1		2	1			1	
<i>Corixa affinis pallida</i> Poisson				2								
N taxons	27	1	3	5	6	3	10	10	4	7	14	10

COLEOPTERES

<i>Agabus nitidus</i> Fab.	3	2	3	4	1	3	4	3	3	4	3
<i>Agabus nebulosus</i> Forst.	2	2	2	3		3	3	1	2	3	2
<i>Agabus didymus</i> Ol.	2		2				2	1		2	1
<i>Agabus chalconotus</i> Panz					1					2	
<i>Agabus biguttatus</i> Olivier							1	1	1	1	1
<i>Agabus brunneus</i> F.										2	
<i>Acilius sulcatatus</i> L.				1		1		1		2	1
<i>Colymbetes fuscus</i> L.			1	1		1		1	1	2	
<i>Ilybius fuliginosus</i> F.			1							2	
<i>Dytiscus marginalis</i> L.			1					1	1	1	2
<i>Laccophilus minutus</i> L.										2	
<i>Cybister lateralmarginalis</i> De Geer										2	
<i>Laccophilus hyalinus</i> De Geer.				1							1
<i>Stictonectes optatus</i> Seill.			1								
<i>Hydroporus pulescens</i> Gyll.			1	1				2		2	1
<i>Hydroporus obsoletus</i> Aubé.			1	2				1		1	2
<i>Hydroporus discretus</i> Fair.				1							
<i>Hydroporus limbatus</i> Aubé				1							
<i>Hydroporus nigrita</i> Fab.				1							
<i>Hydroporus planus</i> Fab.							1				
<i>Hydroporus marginatus</i> Duff.				1							
<i>Potamonectes grisiostritus</i> De Geer				1			1				

Tableau 2. Suite
Table 2. Continued.

<i>Potamonectes clarki</i> Woll.								2				
<i>Potamonectes nemethe</i> Thery.								1				
<i>Graptodytes bermondi</i> Guign									1		2	
<i>Graptodytes acqualis</i> Zimm.											2	
<i>Graptodytes varius</i> Aubé.							1	2			2	
<i>Graptodytes ignotus</i> Muls.								2		1		
<i>Graptodytes atlantis</i> Thery.							1					
<i>Rhantus pulverosus</i> Steph.								2		1		1
<i>Hygrobia tarda</i> Herbst								1	2		2	
<i>Haliphus lineatocollis</i> March								2	3		2	
<i>Haliphus mucronatus</i> Steph.										2		1
<i>Haliphus ruficeps</i> Chevr.											2	
<i>Aulonogyrus striatus</i> Fab.			2									2
<i>Gyrinus substriatus</i> Stephan							1					
<i>Hydrobius fuscipes</i> L.									1			
<i>Hydrobius convescus</i> Brullé									1			
<i>Helochares lividus</i> Forster												
<i>Enochrus bicolor</i> Fab.												
<i>Hydrous piceus</i> L.								1				
<i>Hydrophilus caraboides</i> L.		2						3	3	1	1	2
<i>Berosus affinis</i> Brullé									2			
<i>Coelostoma hispanium</i> Küster												
<i>Limnebius furcatus</i> Baudi												
<i>Helophorus rufipes</i> Bosc		3	3	2	3			1		1	1	1
<i>Helophorus alternans</i> Gene		1	2	2	3			2	3	2	1	1
<i>Helophorus porculus</i> Bedel					1						1	1
<i>Helophorus oxygenus</i> Bedel				1	2							
<i>Helophorus viridicollis</i> Stephens		1			3			2			1	2
<i>Helophorus elizabetae</i> Angus		3	2	3	3				3	1		2
<i>Hydrochus angustatus</i> Germar										1		1
<i>Hydrochus nitidicollis</i> Muls.								1				
<i>Hydraena regularis</i> Rey			2							1		1
N taxons	54	9	6	14	33	3	18	17	17	15	26	17
TRICHOPTERES												
<i>Hydropsyche maroccana</i> Navas											1	2
<i>Psychomyia pusilla</i> Fab.									1		1	
<i>Hydroptila angulata</i> Mosely				1	1			2		2	2	1
<i>Hydroptila vectis</i> Curtis											1	2
<i>Ecnomus deceptor</i> Mcl												3
<i>Rhyacophila munda oreina</i> Navas					2							
<i>Chimarra marginata</i> L.					3			1			2	2
N taxons	7	0	0	1	4	0	3	1	0	1	5	5
DIPTERES												
Tipulidae				1	3	2	1	3		2	3	2
Simuliidae			2		2			2	3	2	2	
Culicidae					2				1	2		2
Psychodidae				2				1	1			
Ceratopogonidae			2		2			1	1	4	1	1
Dolichopodidae								3				
Chaoboridae								2				
Stratiomyidae				2				2	1	2	1	
Thaumaleidae						1						
Chironomidae		3	2	3	2	4	2	2	1		3	2
Tanytarsini								2	1		2	
Chironomini					1		1	1	4	1	2	
<i>Dixa</i> sp.							1					
Empididae												2
Syrphidae										1		
Sciomyzidae									1			
<i>Tabanus</i> sp.				1	1	2	1	2	2	2	2	
N taxons	17	1	4	4	7	4	10	10	9	7	8	4
TOTAL	167	11	18	28	74	21	61	65	63	49	83	69
Espèces exclusives		0	0	1	14	1	7	8	5	2	9	9

4.2.3. Evolution temporelle du peuplement

Les variations de la richesse spécifique par station au cours du cycle d'étude sont représentées sur la figure 5.

La diversité faunistique des 3 stations temporaires situées à l'amont de l'oued (SS0, SS1, SS2), très faible au début de l'étude, augmente légèrement le mois suivant. A l'issue de la période d'assec, cette diversité, reste relativement faible et constante.

Les stations permanentes (S1 à S8) présentent une variabilité du nombre de taxons plus ou moins importante avec un pic d'abondance en juillet dans les stations situées les plus en amont (S1 et S3), ou en mai-juin 1996 dans les autres stations (S4 à S8). Les conséquences de la crue de fin octobre 1996 sont plus ou moins importantes sur cette diversité en fonction de la situation des stations. Elles sont particulièrement nettes dans la station S1 où 28 taxons disparaissent durant cette période.

Après la crue de fin octobre 1996, le nombre de taxons qui avait globalement chuté, augmente à partir du mois de décembre dans les stations S1, S6, S7 et S8.

Les autres stations ont été moins affectées et leur diversité reste relativement constante.

4.2.4. Quelques données autécologiques et écologiques

En plus de celles fournies par ce travail, des informations susceptibles d'expliquer la répartition de certains groupes peuvent être tirées de travaux antérieurs, en particulier ceux de Dakki (1987).

— Mollusques

Selon Dakki (1987) les genres *Melanopsis*, *Valvata*, *Limnaea*, *Bulinus* et *Pisidium*, sont communs dans les sources et les ruisseaux frais du bassin du Sebou. Ce n'est pas le cas pour les sources de cette étude qui n'en possèdent que peu (S2 : *Physa acuta* et *Planorbis planorbis*) ou pas (SS0). De plus, les espèces citées par cet auteur se rencontrent essentiellement dans les stations situées à l'aval (exception faite de *Limnaea truncatula*).

— Epheméroptères

Elles sont absentes des 3 premières stations. Contrairement à ce qui a été observé dans le bassin du Sebou,

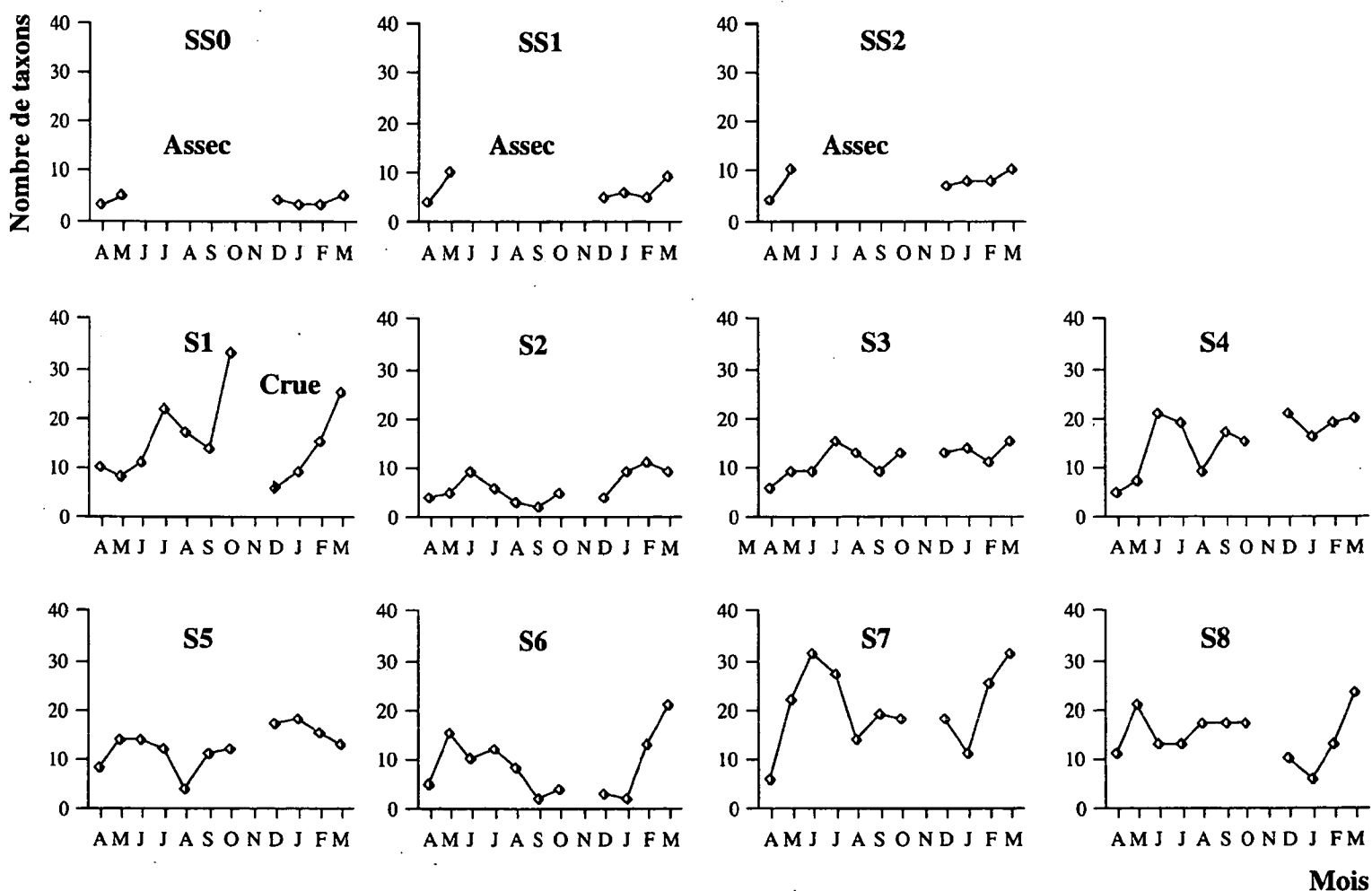


Fig. 5. Evolution temporelle de la richesse spécifique des différentes stations.

Fig. 5. Changes of species richness versus time.

(Dakki 1987), *Potamanthus luteus* (Potamanthidae), peuple l'ensemble de la rivière avec des effectifs assez importants.

Trois espèces d'Heptageniidae ont été récoltées : *Ec-dyonurus rothschildi*, largement répandue, est relativement thermophile. La seconde, *Ec-dyonurus forcipula* est nettement moins thermophile et plus alticole que la première, ce qui pourrait expliquer en partie son absence dans les stations situées le plus à l'aval. *Rhithrogena ayadi*, rhéophile et psychrotherme de relativement haute altitude, est naturellement absente des stations situées le plus à l'aval.

Les 2 espèces endémiques d'Oligoneuriidae — *Oligoneuriella skoura* et *Oligoneuriopsis skhounate* — rencontrées essentiellement dans les stations S4, et S7 (plus S8 pour *O. skhounate*) ont été recensées dans les rivières rapides, chaudes et tempérées de basse et moyenne altitude. Leur présence est tout à fait normale dans la partie basse de l'oued.

Parmi ces Baetidae, *Baetis rhodani* est considérée comme ubiquiste et est rencontrée dans les biotopes froids et tempérés de haute et moyenne altitude. Sa présence en quantité importante dans les stations S1 et S3 confirme ces données.

Ephemera glaucops (Ephemeridae) qui préfère les milieux lénitiques et chauds des rivières, n'est récoltée en petite quantité que dans la station S1 et dans les deux dernières stations.

Ephemerella ignita (Ephemerellidae) qui vit en général dans des zones semi-temporaires, n'a été récoltée que dans la station 4.

— Plécoptères

Seules 4 espèces ont été récoltées dans quelques stations permanentes, ce qui tend à prouver la relative pauvreté spécifique de cet ordre dans le Moyen-Atlas (Dakki 1987). Sur les 4, 2 sont endémiques (*B. algirica* et *P. algirica*).

— Trichoptères

Sept espèces appartenant à 6 familles ont été récoltées. Deux sont endémiques : *Hydropsyche maroccana* et *Rhyacophila munda oreina*). Une seule espèce (*Hydroptila angulata*) est présente dans la station temporaire SS2. Il s'agit d'une espèce thermophile de basse et moyenne altitude qui se rencontre dans pratiquement l'ensemble des stations. Les autres espèces, dont la répartition est beaucoup plus réduite, vivent dans des cours d'eau qui se réchauffent en été, et généralement dans les faciès lénitiques.

— Coléoptères

Ils sont présents partout. Certaines espèces d'*Agabus* et d'*Elephorus* peuplent les 3 stations supérieures. La station S1 est la plus diversifiée et renferme 9 espèces exclusives sur les 14 dénombrées. Sur les six espèces exclusives récoltées dans la station S3, trois sont des Hydrocanthares : *Hydroporus planus*, *Graptodytes atlantis*, *Gyrinus substriatus* et deux des Hydrophilides : *Hydrochus nitidicollis*, *Hydrous piceus*. Ces espèces se rencontrent fréquemment dans les eaux boueuses et sont parmi les meilleures nageuses de leur groupe (Aouad 1984).

5. Discussion et conclusion

Les valeurs des paramètres physico-chimiques sont tout-à-fait comparables à celles trouvées lors d'autres investigations faites au Maroc ou en Algérie ou à celles évoquées par Nisbet & Verneaux (1970), en particulier pour les stations situées vers les sources karstiques (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991, Essafi et al. 1993, Chahlaoui et al. 1997, Berrady et al. 2000). Ces paramètres témoignent d'une bonne qualité de l'eau sur tout le cours de cet oued, à l'exception de la station S5 située à l'aval de la ville d'Ifrane, pour laquelle la quantité d'oxygène dissous est particulièrement faible. Toutefois, les teneurs en oxygène dissous aux émergences karstiques SS0 et S2 sont élevées par rapport aux normes des sources karstiques (Nisbet & Verneaux 1970). Les variations de ces paramètres mésologiques le long de l'oued, selon un continuum depuis la source, mais également en fonction des saisons, en relations étroites avec d'autres facteurs structurant comme l'altitude (Berrahou 1988) ou bien les caractéristiques morphodynamiques (végétation, éclaircissement, pente...), influent sur la répartition de la faune aquatique.

Il en résulte une originalité faunistique qui se traduit d'abord par la présence d'un peuplement à caractère limnophile indicateur de la bonne qualité de l'eau et dont l'abondance de l'amont vers l'aval est régie par les ressources trophiques et la diversité des habitats. La biodiversité qui en résulte (167 taxons) apparaît importante comparée à celle d'autres cours d'eau marocains du même type. A titre d'exemple, 104 taxons ont été signalés dans un cours d'eau des Beni-Snassen (Berrahou 1988), 130 espèces dans le Tensift (Badri 1985), et seulement 53 espèces dans le réseau de l'assif d'Oukaïmeden (Mohati 1985). Il en est de même pour les oueds de la région de Tlemcen en Algérie où le nombre d'espèces de Coléoptères (10), Hétéroptères (4) et Ephéméroptères (6) (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991) apparaît faible par rapport à celui de l'oued Tizguit.

Contrairement aux observations de Glazier (1991) ou de Berrady et al. (2000) sur d'autres cours d'eau de même type, la source karstique SS0 ne renferme que des insectes. Légèrement plus à l'aval, les stations SS1, SS2, puis S2, encore sous l'influence de cette source karstique, présentent quelques taxons autres que les insectes, comme les Annélides et les Mollusques. En revanche, la station S4 qui reçoit aussi des eaux d'origine karstique présente de nombreux taxons autres que les insectes. Ce dernier résultat est en accord avec les hypothèses de Glazier (1991), selon lesquelles la constance relative de paramètres mésologiques — en particulier température et débit — permet l'installation de taxons autres que les insectes au détriment de ceux-ci.

L'augmentation du nombre d'espèces d'avril à mai 1996, dans ces stations situées à l'amont, est due à une période très favorable au développement de la faune. Mais, leur mise à sec a été trop rapide, et a duré trop longtemps, pour permettre l'installation, par la suite, d'un nombre plus important d'espèces, et pour qu'une colonisation importante du milieu puisse se faire lors de la remise en eau. Cette observation corrobore celles faites par Gagneur & Chaoui-Boudghane (1991), et confirme l'évolution particulière des peuplements des ruisseaux temporaires au cours du temps.

Pour les stations pérennes, à l'exception de S1, la plus riche de l'amont (75 taxons), et de S2 qui est pauvre (21 taxons), vraisemblablement du fait de la proximité de la résurgence, existe un continuum de la diversité de l'amont vers l'aval. Les légères variations de cette richesse spécifique sont essentiellement dues aux confluences avec les sources et aux caractéristiques mésologiques proches des stations, en particulier à l'existence plus ou moins importante de la ripisylve. Cette dernière joue, en effet, un rôle important dans le fonctionnement de l'hydrosystème (source majeure de matière organique, stabilité des berges et diversité d'habitats pour les insectes aquatiques grâce à son réseau racinaire et aux branches qui tombent dans l'eau) et, par conséquent, contribue largement à l'installation d'une faune riche et diversifiée (Maridet et al. 1996, 1997).

La variation longitudinale des valeurs des paramètres mésologiques va aussi pouvoir se traduire par un phénomène de vicariance (*sensu* Décamps 1968) : remplacement successif, de l'amont vers l'aval, d'espèces plus ou moins sténocènes. Ce phénomène est observé en particulier chez les Ephéméroptères pour lesquels les Heptageniidae rencontrés plutôt à l'amont, sont remplacés par les Oligoneuriidae.

La station S5, à l'aval d'Ifrane, ne semble pas aussi polluée qu'il serait logique de le penser, et les rejets d'origine domestique qui s'y déversent sont certainement rapidement épurés car les valeurs des paramètres physico-chimiques, en dehors de l'oxygène dissous et du pH, ne présentent pas de différences notoires par rapport aux autres stations. C'est ainsi que l'on peut noter la présence d'*Helophorus* et de *Gammarus*, organismes qui se rencontrent généralement dans des eaux non polluées.

Ainsi, l'augmentation générale de la biodiversité de ce petit oued peut certainement être expliquée dans le cas de l'augmentation classique en nombre et en amplitude des niches écologiques par suite de l'augmentation de la taille du cours d'eau. La spécialisation qui apparaît maximale au niveau des sources est certainement due à une stabilité thermique plus grande et des apports trophiques moins importants qu'ailleurs.

Remerciements

Une partie de ce travail a été réalisée grâce à l'Action Intégrée Franco-Marocaine 97/115/SVS. Les auteurs tiennent à remercier pour leur aide à la détermination des différents taxons : Mr Dakki pour les Trichoptères, Mr El Alaoui pour les Coléoptères Hydrocanthares, Mr Fekhaoui pour les Diptères, Mr Gueit pour les Hétéroptères, Mme Guemmouh pour les Odonates. La collection du Muséum de l'Institut Scientifique de Rabat a servi de matériel de référence pour la vérification ou l'identification de certaines espèces.

Travaux cités

- Aguesse P., Dakki M., Gheit A. & Ramdani M. 1982. — Les Hétéroptères aquatiques du Maroc. Inventaire commenté. *Bull. Inst. Sc. Rabat*, 6 : 125-138.
- Aouad N. 1984. — Etude écologique des Hydrophiloidae d'eaux stagnantes de la région de Rabat (Coléoptères Palpicornes). Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Paul Sabatier, Toulouse : 112 p.
- Aouad N. 1991. — Le polymorphisme des insectes aquatiques au Maroc : exemple des Hydrophiloidae (Coléoptères Palpicornes). Doctorat d'Etat es-Sciences en Ecologie, Fac. Sc. Rabat : 183 p.
- Badri A. 1985. — Etude hydrobiologique d'un cours d'eau de plaine en zone semi-aride : Tensift. Impacts des crues sur la biocénose. Thèse de 3^{ème} cycle, Fac. Sc. Marrakech : 134 p.
- Beauchamp P. 1949. — Nouvelles stations de rhéophiles dans l'Atlas. *Bull. Soc. Nat. Maroc*, 29 : 251-252.
- Benhoussa A., Dakki M., El Agbani M.A. & Qninba A. 1988. — Dynamique et cycle biologique de quelques populations simuliennes (Diptera-Simuliidae) du Bou Regreg (Plateau Central Marocain). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, 12 : 157-165.
- Berrady I., Essafi K. & Mathieu J. 2000. — Comparative physico-chemical and faunal studies of two thermal springs in Sidi-Harazem (Morocco). *Ann. Limnol.*, 36 (4) : 261-274.
- Berrahou A. 1988. — Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau des Beni-Snassen (Maroc nord-oriental). Impact des crues sur les macroinvertébrés benthiques. Thèse de 3^{ème} cycle, Fac. Sc. Rabat : 124 p.
- Chahlaoui A., Cugny P., Lek S., Zaid A. & Ramdani M. 1997. — Analyse quantitative de la qualité de l'eau de l'oued Boufekrane (Maroc). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 133 : 71-76.

- Colo G. 1960-1961. — Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, 139 et 139 bis (Atlas) : 226 p.
- Dakki M. 1979. — Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). Thèse de 3^{ème} cycle Aix-Marseille III, 126 p.
- Dakki M. 1985 a. — Sur le choix des données en biotypologie des eaux courantes par l'analyse factorielle des correspondances. *Bull. Ecol.*, 16 (4) : 285-296.
- Dakki M. 1985 b. — Biotypologie et gradient thermique spatio-temporels, étude sur un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). *Bull. Ecol.*, 17 (2) : 79-85.
- Dakki M. 1986 a. — Recherches hydrobiologiques sur le haut Sebou (Moyen-Atlas) : une contribution à la connaissance faunistique, écologique et historique des eaux courantes sud-méditerranéennes. Doctorat d'état es-Sciences en écologie, Fac. Sc. Rabat : 214 p.
- Dakki M. 1986 b. — Biotypologie et gradient thermique spatio-temporels, étude sur un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). *Bull. Ecol.*, 17 (2) : 79-85.
- Dakki M. 1987. — Ecosystèmes d'eau courante du haut Sebou (Moyen-Atlas) : études typologiques et analyses écologique et biogéographique des principaux peuplements entomologiques. *Travaux de l'Inst. Sc. Chérifien. Série Zoologie*, Rabat, 42 : 99 p.
- Décamps H. 1968. — Vicariances écologiques chez les Trichoptères des Pyrénées. *Ann. Limnol.*, 4 (1) : 1-50.
- El Agbani M.-A., Dakki M. & Bournaud M. 1992 — Etude typologique du Bou Regreg (Maroc) : les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. *Bull. Ecol.*, 23 (1-2) : 103-113.
- Essafi K., Mathieu J. & Chergui H. 1993. — Les paramètres physico-chimiques en tant que facteurs explicatifs des relations entre les eaux superficielles karstiques et interstitielles de l'oued Zeghzal (Maroc oriental). *Mém. Biospéol.*, XX : 81-89.
- Gagneur J. & Chaoui-Boudghane C. 1991. — Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'Ouest Algérien. *Stygologia*, 6 (2) : 77-89.
- Giudicelli J. & Dakki M. 1984. — Les sources du Moyen-Atlas et du Rif (Maroc) : faunistique (description de 2 espèces nouvelles de Trichoptères), écologie, intérêt biogéographique. *Bijdr. Dierk.*, 54, 1 : 83-100.
- Glazier D.S. 1991. — The fauna of North American temperate cold spring : patterns and hypotheses. *Freshwat. Biol.*, 26 : 527-542.
- Iablokoff A.K. 1954. — Un mois de recherches écologiques dans le Moyen-Atlas. *Bull. Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc*, 34, 1 : 97-128.
- Lepiney L. 1961. — Recherches écologiques et biologiques sur les crustacés de deux mares temporaires. *Travaux de l'Inst. Sc. Chérifien. Série Zoologie*, Rabat, n° 25 : 4.
- Maridet L., Philippe M., Wasson J.G. & Mathieu J. 1996. — Spatial and temporal distribution of macroinvertebrates and trophic variables within bed sediment of three streams with different vegetal environment and morphology. *Arch. Hydrobiol.*, 136, 1 : 41-64.
- Maridet L., Philippe M., Wasson J.G. & Mathieu J. 1997. — Seasonal dynamics and storage of particulate organic matter in the bed sediment of three streams with contrasted riparian vegetation. *In Groundwater Surface water Ecotones*. J. Gibert, J. Mathieu, F. Fournier (Eds), Cambridge University Press, 68-74.
- Mohati A. 1985. — Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Haut Atlas de Marrakech (Maroc) : l'Oued Ourika. Ecologie, biotypologie et impact des activités humaines sur la qualité des eaux. Thèse de 3^{ème} cycle, Fac. Sci. Marrakech : 108 p.
- Mouna M. 1988. — La bioécologie et l'environnement biologique d'*Acleris undulana* Walsingham (Lep. Tortricidae), ravageur du cèdre dans le M-A marocain. Doct. es-Sc.Nat. en Zoologie. Univ. Mohamed V, Fac. Sc. Rabat.
- Nisbet M. & Verneaux J. 1970. — Composantes chimiques des eaux courantes. *Ann. Limnol.*, 6 (2) : 161-190.
- Rodier J. 1996. — *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. Edition Dunod Paris : 365 p.
- Qninba A., El Agbani M.A., Dakki M. & Ben Houssa A. 1988. — Evolution saisonnière de quelques peuplements d'invertébrés benthiques de l'Oued Bou Regreg (Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, 12 : 149-156.
- Thioulouze J., Chessel D., Dolédec S. & Olivier J.M. 1997. — ADE-4 : a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics & computing*, 7 : 75-83.
- Zeryouhi M. 1977. — Hydrogéologie du Moyen-Atlas. In *Serv. géol. Maroc (éd.) : Ressources en eau du Maroc, tome 3 : domaines atlasique et sud-atlasique. Notes et mém. Serv. géol. Maroc*, n° 231 : 67-84.