

BIOINDICATION PAR LESDIATOMÉES ÉPILITHIQUES DANS DEUX BASSINS HYDROGRAPHIQUES (CHELIF ET CÔTIERS ORANAIS) NORD-OUEST ALGÉRIEN

BEZZEGHOUD Bouchra^{1*} et MANSOUR Bouhameur¹

1. Université d'Oran 2 - Mohamed Ben Ahmed - Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers – Département des Sciences de la Terre - Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et Paléoenvironnement (LPSP), B.P. 1015 El Menaouer, 31000 Oran, Algérie.

Reçu le 02/08/2021, Révisé le 13/10/2021, Accepté le 23/10/2021

Résumé

Description du sujet : La microflore diatomique est dotée d'une diversité exceptionnelle et d'une sensibilité aux variations chimiques et physiques des conditions du milieu. En conséquence, elle se caractérise par la capacité d'enregistrer l'état écologique des cours d'eau. Ceci a fait de cette microflore un outil très utilisé, comme bioindicateur pour la surveillance de la qualité biologique des cours d'eau. Dans le présent travail, des analyses comparatives physico-chimiques et diatomiques ont été réalisées au niveau de neuf (09) échantillons. Ces derniers se situent au Nord-Ouest de l'Algérie.

Objectifs : Cette étude vise à donner un inventaire des diatomées épilithiques dans deux bassins hydrographiques (bassin du Chélif et bassin Côtiers Oranais), au Nord-Ouest de l'Algérie et l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau analysés.

Méthodes : La présente étude porte sur l'utilisation des diatomées épilithiques comme méthode d'analyse biologique des cours d'eau (évaluation de la qualité des cours d'eau) par le calcul de différents indices (l'Indice de Diversité de Shannon-Weaver, l'Indice d'Équitabilité, l'Indice Biologique Diatomées (IBD) et l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS), ainsi que l'exploitation des paramètres physico-chimiques des cours d'eau étudiés.

Résultats : Un total de (72) espèces et variétés ont été identifiées, divisées en (32) genres. La microflore diatomique est représentée par les Pennatophycidées. L'état écologique (qualité de l'eau) des cours d'eau étudiés est évaluée à l'aide des indices IBD et IPS donnant une qualité d'eau de bonne à mauvaise. Les résultats de la présente étude indiquent clairement que la dominance des diatomées épilithiques et la diversité spécifique sont associées aux facteurs environnementaux. La prolifération de chaque taxon de diatomée épilithique est liée aux facteurs physico-chimiques.

Conclusion : L'étude des diatomées épilithiques dans les affluents de Oued Chélif (bassin du Chélif) et les Oueds (El Malah et Terga) dans le bassin Côtiers Oranais, nous a permis de donner un inventaire taxonomique ainsi qu'un aperçu sur la qualité biologique de ces cours d'eau. La présente étude contribue à améliorer les connaissances sur les travaux microfloristiques des diatomées continentales en Algérie.

Mots clés : Bioindicateur, diatomées, épilithiques, facteurs environnementaux, qualité de l'eau, Chélif, Côtiers Oranais, bassin hydrographique, Algérie.

BIOINDICATION BY EPILITHIC DIATOMAS IN TWO HYDROGRAPHIC BASINS (CHELIF AND COAST OF ORAN) NORTH-WEST ALGERIAN

Abstract

Description of the subject: The diatomic microflora is endowed with exceptional diversity and sensitivity to chemical and physical variations in environmental conditions. As a result, it is characterized by the ability to record the ecological state of streams. This has made this microflora a widely used tool as a bioindicator for monitoring the biological quality of streams. In addition, comparative physicochemical and diatomic analyzes were carried out on nine samples, in the North-West of Algeria.

Objective : This study aims to provide an inventory of the epilithic diatoms in two hydrographic basins (Chélif basin and the Coast of Oran basin), in the North-West of Algeria and an assessment of the biological quality of the streams analyzed.

Methods : Our study focuses on the use of epilithic diatoms as a method of biological analysis of watercourses by calculating various indices (the Shannon-Weaver Diversity Index, the Equitability Index, the Biological Diatoms Index (IBD) and the Specific Pollution Sensitivity Index (IPS), as well as the exploitation of the physico-chemical parameters of the streams to be studied. This is for the evaluation of the quality of the streams.

Results : A total of (72) species and varieties were identified, divided into (32) genera. The diatomic microflora is represented by the Pennatophycidae. The ecological state (water quality) of the studied streams is assessed using the IBD and IPS indices giving a good to bad water quality. The results of the present study clearly indicate that the dominance of epilithic diatoms and the specific diversity are associated with environmental factors. The proliferation of each epilithic diatom taxon is linked to physicochemical factors.

Conclusion : The study of epilithic diatoms in the tributaries of Oued Chélif (Chélif basin) and the Oueds (El Malah and Terga) in the Oran Coast basin, allowed us to give a taxonomic inventory as well as an overview on the biological quality of these streams. The present study contributes to improving knowledge on the microfloristic work of continental diatoms in Algeria.

Keywords : bioindicator, diatoms, epilithics, environmental factors, water quality, Chelif, Coast of Oran, hydrographic basin, Algeria.

*Auteur correspondant: BEZZEGHOUD Bouchra, E-mail: bouchrabezzeghoud@yahoo.fr

INTRODUCTION

Le présent travail a pour objet l'étude des diatomées épilithiques des cours d'eau (Oueds) dans deux bassins hydrographiques, ainsi que l'évaluation de la qualité biologique des stations prélevées, par le calcul de différents indices, notamment l'Indice Biologique Diatomées (IBD), l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS), l'Indice de Diversité de Shannon-Weaver et l'Indice d'Equitabilité. Les indices diatomiques (IBD et IPS) ont été choisis pour leur intégration de divers types de pollution : l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS) est considéré comme une méthode de référence en Europe et l'Indice Biologique Diatomées (IBD) par Rumeau & Coste [1] est utilisé régulièrement en France et en Europe, pour l'estimation de la qualité globale des cours d'eau [2]. De ces deux indices mis au point au CEMAGREF de Bordeaux [3], seul l'IBD est normalisé (Norme Française NF T 90-354) par AFNOR [4]. Ils s'appuient sur l'étude des microalgues benthiques (les diatomées). Il s'exprime par une note allant de 0 à 20 : plus la note est élevée, meilleure est la qualité biologique du milieu. Parallèlement, d'après Montagne [5], les diatomées planctoniques ne sont pas comptées, mise à part *Melosira varians* et *Cyclotella meneghiniana* qui sont également présentes dans les communautés benthiques et qui sont incluses dans le calcul. Les diatomées évoluent dans une matrice biologique appelée biofilm. Ces organismes se caractérisent par une paroi siliceuse, tel un squelette appelé frustule, permettant leur identification jusqu'à l'espèce. Les plus anciennes études sur les diatomées en Algérie ont été réalisées par Ehrenberg [6], Baudrimont [7-9] et Al-Asadi *et al.* [10]. Plus récemment, d'autres auteurs se sont intéressés aux diatomées en Algérie [11-18]. Dans la présente étude, les diatomées épilithiques de neuf (09) échantillons ont été prélevées en octobre 2016, ainsi que des mesures physico-chimiques ont été réalisées simultanément aux échantillons diatomiques au Nord-Ouest de l'Algérie. Ceci dans le but d'avoir un aperçu sur la structure diatomique et d'évaluer la qualité biologique de l'eau.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Cadre Géographique

Les secteurs étudiés se localisent au Nord-Ouest de l'Algérie, dans deux bassins hydrographiques (le bassin de Chéelif et le bassin Côtiers Oranais). D'après l'Agence des Bassins Hydrographiques ABH [19], ces mêmes bassins (Fig. 1), font partie des grands bassins versants de Chéelif-Zahrez et de l'Oranie-Chott Cherguie, respectivement d'après le découpage du territoire algérien en bassins hydrographiques.

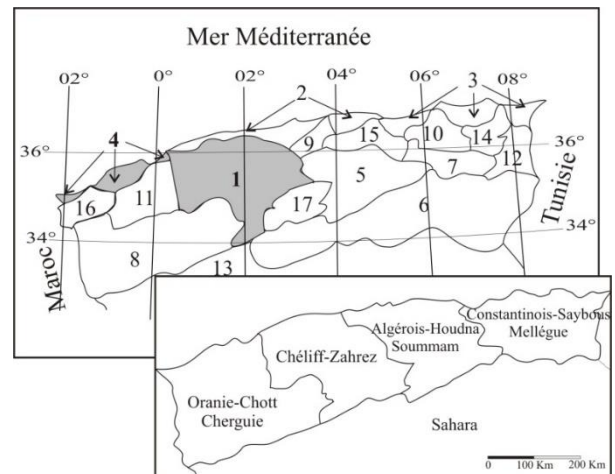


Figure 1 : Localisation des secteurs étudiés d'après le découpage du territoire algérien en grands bassins hydrographique
 1-Chéelif, 2- Côtiers Algérois, 3- Côtiers Constantinois, 4- Côtiers Oranais, 5- Chott El Hodna,
 6- Chott Melhir, 7- Haut Plateaux Constantinois, 8- Haut Plateaux Oranais, 9- Isser, 10- Kebir Rhumel, 11- Macta, 12- Medjerdah, 13- Sahara, 14- Seybousse, 15- Soummam, 16- Tafna, 17- Zahrez.

Les secteurs étudiés se situent dans différents cours d'eau (Oueds). Les échantillons (S1, S2, S3, S4 et S5) ont été prélevés sur des affluents de l'Oued Chéelif (Oued Kerrada, Oued Achasta, Oued Yeghbel, Oued Zerrifa et Oued Kramis) respectivement. Ces derniers se situent dans la région de Mostaganem à environ 120 Km au Nord-Est de la ville d'Oran. Quant aux autres échantillons (S6, S7, S8 et S9) se localisant au Sud-Ouest d'Oran, ils ont été prélevés sur l'Oued El Malah (S6 et S7) et l'Oued Terga (S8 et S9), dans la wilaya d'Ain Témouchent (Fig. 2).

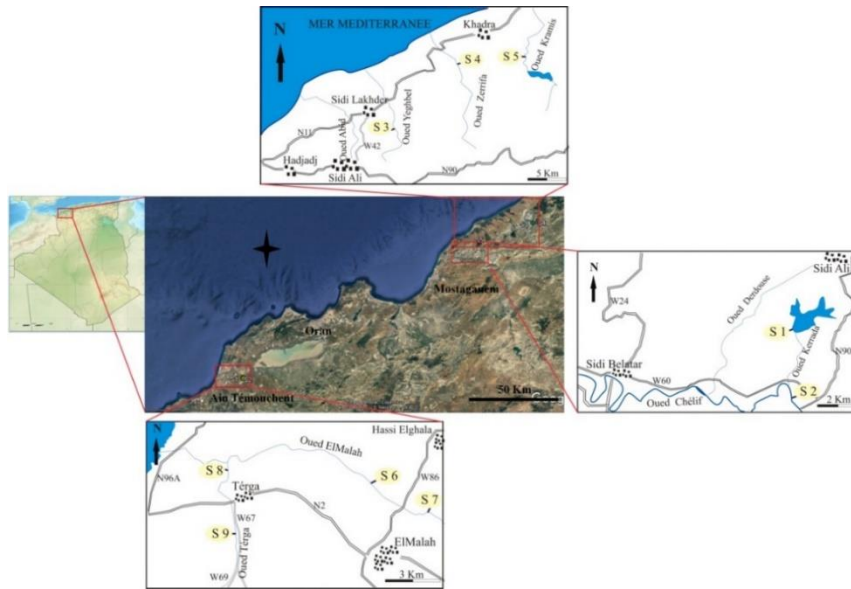


Figure 2 : Situation géographique des stations étudiées (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 et S9)

2. Echantillonnage et Méthode d'analyse

La méthode utilisée dans ce travail est celle adoptée par le CEMAGREF (AFNOR, 2000. Norme Française NF T 90-354) par AFNOR [4]. La réalisation de cette étude comporte plusieurs phases successives. Le choix des stations était particulièrement difficile, car

l'écoulement de la plupart des oueds en Algérie est un écoulement intermittent. La méthodologie d'échantillonnage est inspirée de la norme AFNOR (T 90-354). Au total 9 échantillons ont été prélevés en mois d'octobre 2016 (Tableau 1).

Tableau 1 : Tableau présentant les neuf prélèvements analysés dans le bassin de Chélif (S1, S2, S3, S4 et S5) et le bassin Côtiers Oranais (S6, S7, S8 et S9).

Echantillons	Date du Prélèvement	Cours d'eau	Bassin Hydrographique	Altitude
S 1	03/10/2016	Oued Kerrada	Bassin de Chélif	16 m
S 2	03/10/2016	Oued Achasta		234 m
S 3	03/10/2016	Oued Yeghbel		253m
S 4	03/10/2016	Oued Zerrifa		61 m
S 5	03/10/2016	Oued Kramis		58 m
S 6	08/10/2016	Oued El Malah	Bassin Côtiers Oranais	51 m
S 7	08/10/2016			53 m
S 8	08/10/2016	Oued Terga		33 m
S 9	08/10/2016			11 m

L'échantillonnage à été effectué par grattage de la face supérieure d'une ou plusieurs galets immergés sur une surface d'environ 200 cm². Dans tous les cas, les prélèvements sont réalisés en zones éclairées, à profondeur voisine de 30 cm pour éviter les problèmes de marnage et dans la zone de vitesse de courant pour éviter les problèmes de sédimentation. Les échantillons ainsi prélevés seront neutralisés sur le site au formol (10%). Au laboratoire, les diatomées sont traitées à l'eau oxygénée (30%) et à l'Acide chlorydrique (35%), puis montées avec du Naphrax entre lame et lamelle [1]. L'identification des diatomées a été effectuée selon Krammer & Lange-Bertalot [20, 21 et 22], Lange-Bertalot & Moser [23], Round et al. [24]. Cependant, le comptage a été réalisé sous microscope optique (Zeiss) à grossissement 1000x de 400 frustules pour chaque échantillon,

afin d'obtenir un échantillonnage statistiquement représentatif. La systématique adoptée dans ce travail est celle proposée par Lange-Bertalot [25], Shannon & Weaver [26]. L'inventaire diatomique a été exprimé en abondance relative. Ceci a permis d'établir une liste des taxons (Tableau 2) et de mettre à jour leur synonymie selon la taxinomie la plus actuelle. La prospection biologique a été complétée par des mesures instantanées de température, pH, conductivité et oxygène dissous à l'aide d'appareils de mesures physico-chimiques. Les informations abiotiques et biologiques (floristiques) regroupant un réseau de (09) prélèvements dans les bassins versants de (bassin de Chélif et le bassin Côtiers Oranais) ont été croisées à des données physico-chimiques (Tableau 4).

Tableau 2 : Inventaire des abondances relatives des diatomées dans les neuf prélèvements étudiés

CODE	DENOMINATION COMPLETE	Bassin de Chélif				Bassin Côtiers Oranais				
		S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9
AMIT	<i>Achnanthes minutissima</i> Kutz. v. <i>minutissima</i> Kutzing fo.teratogene		1,25	8,75		2				
ADMS	<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot								11,25	
AHOL	<i>Amphora holsatica</i> Hustedt					15	1,25	1,25		
AOVA	<i>Amphora ovalis</i> (Kutzing) Kutzing		2,5							
ANOR	<i>Amphora normanii</i> Rabenhorst	3,5								
AFOR	<i>Asterionella formosa</i> Hassall			6,25						
BNEG	<i>Brachysira neglectissima</i> Lange-Bertalot		30	26,25						
CNHT	<i>Campylodiscus noricus</i> Ehr.var. <i>hibernicus</i> (Ehr.)Grunow	3,25					1,25			
CRBU	<i>Craticula bunderi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	4,5								
CAEX	<i>Cymbella excisa</i> Kutzing var. <i>excisa</i>	3,75								
CSUT	<i>Cymbella subtruncata</i> Krammer var. <i>subtruncata</i>		2,5	0,5						
DSUB	<i>Denticula subtilis</i> Grunow		20							
DTEN	<i>Denticula tenuis</i> Kutzing	10	3,75							
DTFR	<i>Denticula tenuis</i> var. <i>frigida</i> (Kutzing) Grunow in Van Heurck		1,25							
DMON	<i>Diatoma moniliformis</i> Kutzing		10							
DITE	<i>Diatoma tenuis</i> Agardh			5						
DKRA	<i>Diploneis krammeri</i> Lange-Bertalot & Reichardt		1,75		2,5					
EGFA	<i>Eunotia glacialifalsa</i> Lange-Bertalot in Krammer & Lange-Bertalot				5					
FSLU	<i>Fallacia subluclidula</i> (Hustedt) D.G. Mann				7,5	1,25		16,25		
FPYG	<i>Fallacia pygmaea</i> (K_zing) Stickle & Mann ssp.pygmaea Lange-Bertalot		1,25		46,25	3,75	0,75			
FBRE	<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow (Pseudostaurosira)	15								
FDEL	<i>Fragilaria delicatissima</i> (W.Smith) Lange-Bertalot					6,25				
FUAC	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.)Lange-Bertalot var.acus(Kutz.)Lange-Bertalot			0,25						
FAMO	<i>Frustulia amosseanae</i> Lange-Bertalot in Rumrich, Lange-Bertalot & Rumrich	2,5								
GANG	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kutzing) Rabenhorst	2,5								
GELG	<i>Gomphonema elegans</i> (Reichardt & Lange-Bertalot) Monnier & Ector	3,75					1,25	5	3,75	1,75
GEXL	<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt								7,5	0,5
GLAT	<i>Gomphonema lateripunctatum</i> Reichardt & Lange-Bertalot					1,25				
GPRA	<i>Gomphonema parvulum</i> Kutzing						5	7,5		3,75
GPSA	<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot								11,75	25
GVST	<i>Gomphonema variostigmatum</i> E. Richardt						16,25			
GPGR	<i>Gomphosphenia grovei</i> (M.Schmidt) Lange-Bertalot								2	
GYAT	<i>Gyrosigma attenuatum</i> (K_zing) Rabenhorst	2,5			3,75					
LGOE	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann									17,5
MAAT	<i>Mayamaea atomus</i> (Kutzing) Lange-Bertalot						12,5	8,75		13,75
MPMI	<i>Mayamaea permitis</i> (Hustedt) Monnier & Ector								8,75	
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow	4,25								
NCTV	<i>Navicula caterva</i> Hohn & Hellerman							12,5		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kutzing								11,25	
NGER	<i>Navicula germainii</i> Wallace								7,5	
NRAD	<i>Navicula radiosa</i> Kudzing	5				1,25				
NRCH	<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot var. <i>reichardtiana</i>								5	
NSBN	<i>Navicula subalpina</i> E. Richardt									10
NPYG	<i>Navicula pygmaea</i> Kutzing	1,25								
NACU	<i>Nitzschia acula</i> Hantzsch	5								
NBNO	<i>Nitzschia brunoi</i> Lange-Bertalot	2,5								
NCPL	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A.Schmidt & al.	3,75								8,75
NDEN	<i>Nitzschia denticula</i> Grunow			40		55				
NFIL	<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M.Smith) Van Heurck var. <i>filiformis</i>					2,25				
NFON	<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve et M_ler	2,5	6,25	7,5		2			8	
NGIS	<i>Nitzschia gisela</i> Lange-Bertalot					1,25				
NSIG	<i>Nitzschia sigma</i> (Kutzing)W.M.Smith							0,25		
NSIO	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch)W. Smith				17,5					
NZSU	<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot				7,5				4,5	
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kutzing) W.Smith	4		5,5	0,75	6,25	15,5	45	13,75	17,5
NPVU	<i>Nitzschia parvula</i> Lewis					1,25	11,25			
NVER	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kutzing)Hantzsch	6,25								
NUMB	<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg)Lange-Bertalot							0,5		
PLEV	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compere f.laevis Ehrenberg								1,25	
PSBR	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grun.in Van Heurck) Williams & Round								3,75	
PSCM	<i>Pinnularia subcommutata</i> Krammer		1,25							
ROPE	<i>Rhopalodia operculata</i> (Agardh)					1,25				
RGBL	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Muller				1,25					
RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot									0,25
SADC	<i>Stauroneis acidoclinata</i> Lange-Bertalot & Werum	3,75								
SOVI	<i>Surirella ovalis</i> Brebisson		3,25							
TFAS	<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh)Williams et Round									
TAPI	<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory	5			6,25		10	0,5		1,25
TSAL	<i>Tryblionella salinarum</i> (Grunow) Pelletan				1,75					
THUN	<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann	5,5					25	2,5		
UDAN	<i>Ulnaria danica</i> (Kutzing) Compere et Bukhtiyarova		3,75							
UULN	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Compere		11,25							

RÉSULTATS

1. Composition diatomique

L'étude microfloristique nous a permis d'inventorier 72 espèces et variétés réparties en 32 genres (Tableau 1). La microflore diatomique est représentée par les Pennatophycidées. En outre, bien que cette flore diatomique récoltée soit spécifiquement riche (Fig. 3) et (Fig. 4), elle est numériquement mal répartie entre les genres et les familles. La prolifération de ces taxons est liée probablement à leur environnement.

Le contenu microfloristique a révélé une richesse générique et spécifique (Fig. 3), dans les cours d'eau du bassin de Chélif. On a constaté (13 genres et 22 espèces) dans Oued Kerrada (S1) et (12 genres et 15 espèces) dans Oued Achasta (S2). Tandis que, Oued Yeghbel (S3) et Oued Zerrifa (S4) se caractérisent par 7 genres dans les deux cours d'eau. Au niveau spécifique, on a constaté 9 espèces dans S3 (Oued Yeghbel) et 11 espèces dans S4 (Oued Zerrifa). Alors que, Oued Kramis (S5) se distingue par 8 genres et 14 espèces.

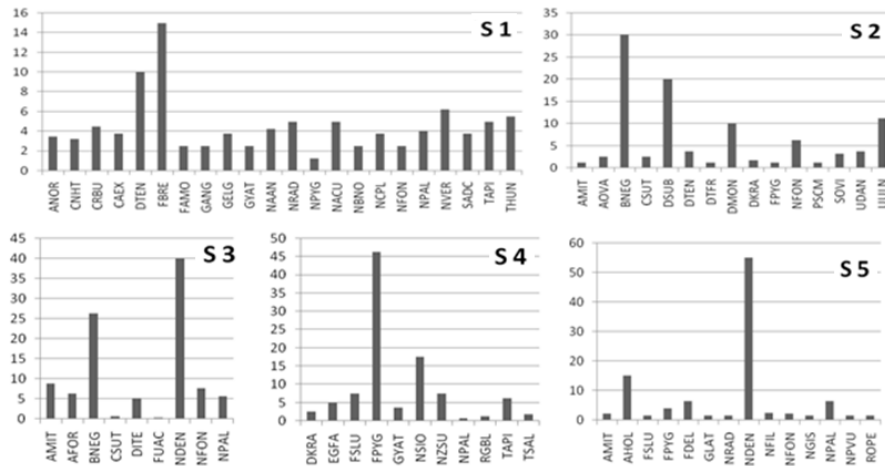


Figure 3 : Pourcentage de la composition taxonomique des diatomées dans les échantillons (S1, S2, S3, S4 et S5) au bassin de Chélif.

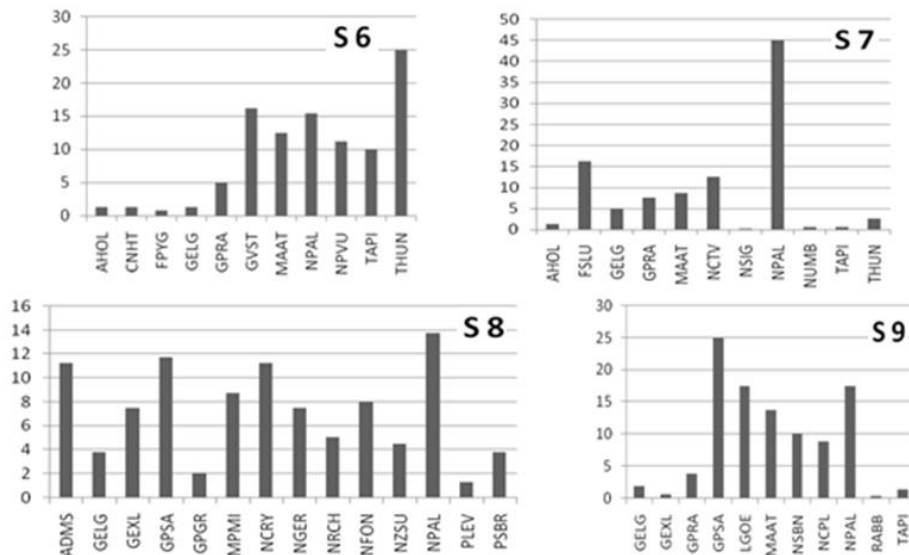


Figure 4 : Pourcentage de la composition taxonomique des diatomées dans les échantillons (S6, S7, S8 et S9) au bassin Côtiers Oranais.

Les prélèvements S1 (Oued Kerrada) et S2 (Oued Achasta) sont dominés par les genres *Fragilaria* avec (15%) et *Brachysira* avec (30%) respectivement. Tandis que, les échantillons S3 (Oued Yeghbel) et S5 (Oued Kramis) se caractérisent par la prédominance du genre *Nitzschia* avec (53% dans S3 et 68% dans S5). Quant à l'échantillon S4 (Oued Zerrifa), il se distingue par l'abondance du genre *Fallacia* avec (53,5%). Concernant, la composition

diatomique des cours d'eau du bassin Côtiers Oranais (Fig. 4) : les échantillons de l'Oued El Malah (S6 et S7) et l'Oued Terga (S9) se constituent du même nombre de genre et d'espèce (7 genres et 11 espèces). Cependant, l'échantillon (S8) du cours d'eau (Oued Terga) est plus riche avec 8 genres et 14 espèces. Les genres *Tryblionella* avec (35%) et *Nitzschia* avec (45,75%) sont abondants dans (S6 et S7) respectivement.

L'échantillon (S8) se caractérise par la prédominance de (*Nitzschia* avec 26,25% et *Navicula* avec 23,75%), tandis que (S9) se distingue par la dominance de *Gomphonema* avec 35% et *Nitzschia* avec 26,25%.

A partir de l'inventaire microfloristique (Tableau 2), différents indices ont été calculés : l'Indice de Diversité de Shannon-Weaver, l'Indice d'Équitabilité, l'Indice Biologique Diatomées (IBD) et l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS).

1.1. Indice de diversité de Shannon-Weaver et Indice d'Équitabilité

L'Indice de diversité [27] a été calculé par la formule : $H' = -\sum((Ni / N) \times \log_2 (Ni/N))$.

Tandis que l'Indice d'équitabilité E [28] est basé sur la formule : $E_H = H / H_{max}$.

La diversité spécifique calculée à partir de l'indice de Shannon-Weaver (1949) montre que les valeurs maximales sont observées à Oued Kerrada (S1) avec (4,1), Oued Térga (S8) avec (3,63), Oued Achasta (S2) avec (3,09), Oued El Malah (S6) avec (2,85) et Oued Térga (S9) avec (2,83). Tandis que les valeurs minimales sont enregistrées à Oued Zerrifa (S4) avec (2,53), Oued Yeghbel (S3) avec (2,38), Oued Kramis (S5) avec (2,32) et Oued El Malah (S7) avec

(2,16). A noter que l'indice d'équitabilité de Pielou (1966) décrit une évolution similaire à celle de l'indice de Shannon (Fig. 5).

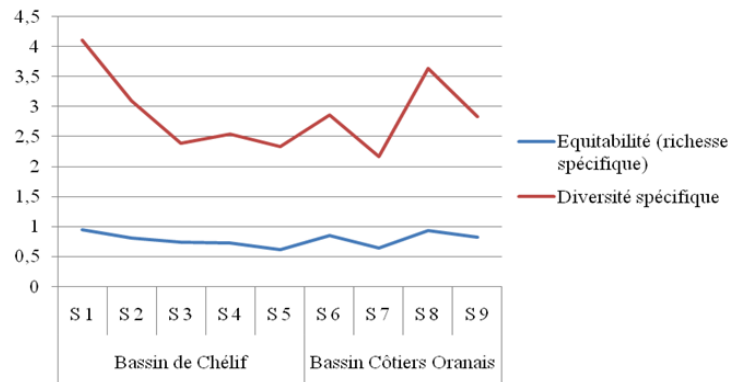


Figure 5 : Richesse spécifique et diversité

1.2. Indices Biologiques (IBD et IPS)

L'indice biologique diatomées (IBD) et l'indice de polluosensibilité spécifique (IPS) s'appuient sur l'abondance des espèces et leur sensibilité à la pollution. Ils sont calculés à l'aide d'un logiciel informatique «OMNIDIA», une note sur 20 est obtenue et 5 classes de qualité (Tableau 3) sont définies d'après Lenoir & Coste [29].

Tableau 3 : Tableau des valeurs de l'indice diatomique indiquant les différentes classes de qualité de l'eau [29].

IBD (sur 20)	IBD ≥ 17	17 > IBD > 15	14.9 > IBD > 12	11.9 > IBD > 9	IBD < 9
Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Qualité	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise

L'Indice Biologique Diatomée (IBD) d'après Zelinka & Marvan [30] :

$$F(i) = \frac{\sum_{X=1}^n A_X \times P_X(i) \times v_X}{\sum_{X=1}^n A_X \times v_X}$$

L'Indice de Polluosensibilité spécifique (IPS) d'après CEMAGREF [3], repose sur la formule proposée par De la Rey et al. [28], Lavoie et al. [31] : $IPS = \sum A_j V_j i_j$

- Les différents indices (IBD et l'IPS) des prélèvements sont exprimés dans (Fig. 6). Ces valeurs traduisent les résultats suivants :
- l'eau est de bonne qualité dans les cours d'eau ; Oued Kerrada (S1), Oued Yeghbel (S3) et Oued Kramis (S5) ;
 - l'eau est de qualité moyenne dans Oued Achasta (S2), Oued El Malah (S7) et Oued Térga (S8) ;
 - l'eau est de qualité médiocre dans Oued Zerrifa (S4), Oued El Malah (S6) et Oued Térga (S9).

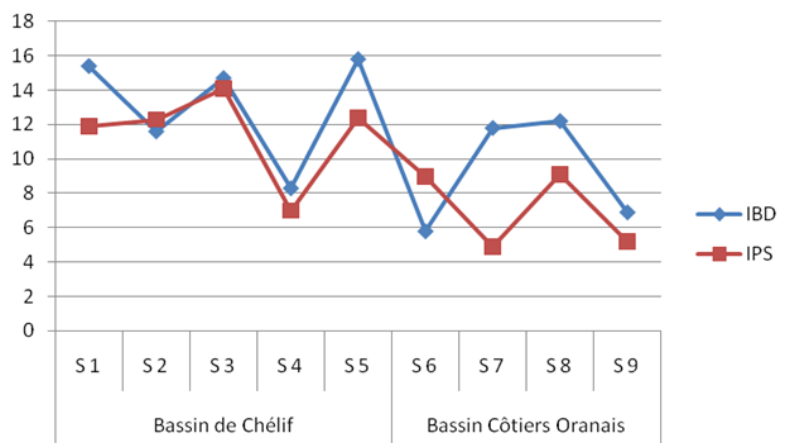


Figure 6 : Présentation des indices biologiques (IBD et IPS) dans les stations mesurées

1.3. Paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques (Tableau 4) des cours d'eau étudiés, ont été fournis par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques d'Oran (ANRH) en 2016.

Tableau 4 : Paramètres physico-chimiques des échantillons étudiés (S1, S2-S9)

Echantillons	T C°	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	CO ₃ ⁻ mg/l	CO ₃ H ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	C 20° µs/cm	Minér mg/l	RS 105° mg/l	PH
S1	17,5	211	207	690	9	1425	820	0	312	10	4650	3529	3780	7,69
S2	19,5	81	83	299	2	328	422	0	359	6	2040	1540	1480	7,85
S3	19	114	75	269	4	460	355	0	259	13	2160	1639	1820	7,56
S4	23,5	276	204	932	21	1314	1365	0	379	24	5370	4076	4480	7,51
S5	21,5	211	96	460	11	657	965	0	120	5	3095	2349	2540	7,81
S6	20	195	121	667	22	1182	289	0	476	18	4090	3104	3200	7,55
S7	23	227	114	662	21	1248	268	0	433	25	4300	3264	3260	7,51
S8	20	65	80	278	19	460	131	0	268	51	1761	1337	1280	7,37
S9	20	81	58	306	18	460	159	0	262	45	1780	1351	1300	7,38

On constate d'après (Tableau 4) que les valeurs de la température des cours d'eau étudiés sont entre 17,5°C et 23,5°C. D'après Fawzi *et al.* [32], la température influence plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau, comme l'oxygène dissous, les nutriments et la conductivité. Par ailleurs, la valeur du pH de l'eau enregistrée dans les différents Oueds analysés est comprise entre (7,37 et 7,85), indiquant ainsi un pH alcalin dans les cours d'eau analysés. Notant aussi que le pH (potentiel hydrogène) est le reflet de la concentration d'une eau en ions H⁺. La valeur du pH des cours d'eaux est en fonction du sous-sol de leur bassin versant. Ainsi un (pH>7) est en régions calcaires où les eaux sont basiques et fortement minéralisées. Cependant, il est bien connu que le pH contrôle plusieurs processus chimiques et biochimiques [32]. Une forte variabilité dans la composition des communautés de diatomées est observée particulièrement dans les régions où les cours d'eau ont une faible capacité tampon (milieu généralement à faible pH). L'eutrophisation peut dans ce cas provoquer une augmentation du pH. L'effet de l'eutrophisation sur le pH est moindre dans les cours d'eau ayant une concentration naturelle élevée en minéraux [32]. Parallèlement, les valeurs de la conductivité (C 20°µs/cm) et de la minéralisation enregistrent des similitudes. Toutefois, les valeurs de la conductivité les plus élevées sont enregistrées dans les échantillons du (bassin de Chéelif) : Oued Zerrifa (S4) avec (5370 µs/cm) et Oued Kerrada (S1) avec (4650 µs/cm), ainsi que dans ceux des cours d'eau du bassin Côtiers Oranais dans les échantillons de Oued El Malah (S7 avec 4300 C 20°µs/cm et S6 avec 4090 C 20°µs/cm). Par contre, les minimales sont enregistrées dans Oued Terga (S8 avec 1761 C 20°µs/cm et S9 1780 C 20°µs/cm). D'après Fawzi *et al.* [32], la salinité réfère à tous les anions et cations dissous dans l'eau (Ca, Mg, Na, K, CO₃, SO₄, Cl). Elle est majoritairement tributaire des sels dissous (ions majeurs dissous) provenant de la pluie, de la roche-mère ou des apports en nutriments naturels ou anthropiques.

Par ailleurs, la minéralisation est plus importante dans les échantillons S4 avec (4076 mg/l) et S1 avec (3529 mg/l) des cours d'eau du bassin de Chéelif, ainsi que dans (S7 et S6) des cours d'eau du bassin Côtiers Oranais enregistrant (3264 mg/l) et (3104 mg/l) respectivement. Ces valeurs montrent des similitudes entre les deux paramètres (conductivité électrique et la minéralisation). La Résistance ionique des concentrations en chlorure (Cl⁻), magnésium (Mg²⁺), et sodium (Na⁺) a enregistré la même hausse de valeur dans les mêmes échantillons (S1 et S4) au bassin de Chéelif et dans (S6 et S7) au bassin Côtiers Oranais. La concentration des chlorures est généralement inférieure à 1425 mg/l. Autre part, le calcium (Ca²⁺) enregistre des valeurs plus élevées dans (S4, S1 et S5) du bassin de Chéelif avec (276, 211 et 211 mg/l) respectivement. Il est à noter, qu'une seule valeur importante a été enregistrée au niveau du bassin Côtiers Oranais dans (S7) avec (227 mg/l). Quant aux concentrations minimales de Ca⁺⁺, il a été signalé la valeur de (81 mg/l) dans l'échantillon S2 (bassin de Chéelif) et les valeurs de (65 mg/l et 81 mg/l) dans (S8 et S9) respectivement du bassin Côtiers Oranais. Pour les teneurs du (K⁺), les eaux les plus riches en potassium (K⁺) ont été observées dans les cours d'eau du bassin Côtiers Oranais, dans les échantillons : S6 avec (22 mg/l), S7 avec (21 mg/l), S8 avec (19 mg/l) et S9 avec (18 mg/l). Par contre, ceux des cours d'eau du bassin de Chéelif sont moins riches en potassium, mise à part dans S4 enregistrant (21 mg/l). Autre part, les valeurs de sulfate (SO₄⁻) sont élevées dans les cours d'eau du bassin de Chéelif (S4 avec 1365 mg/l, S5 avec 965 mg/l et S1 avec 820 mg/l). Tandis que, les minimales ont été signalées au niveau des cours d'eau du bassin Côtiers Oranais (S8 avec 131 mg/l et S9 avec 159 mg/l). Les concentrations des nitrates (NO₃⁻) enregistrés au niveau des échantillons du bassin Côtiers Oranais sont (S8 avec 51 mg/l, S9 avec 45 mg/l, S7 avec 25 mg/l et S6 avec 18 mg/l). Tandis que les valeurs minimales sont enregistrées dans les prélèvements du bassin de Chéelif.

Les valeurs de concentration en bicarbonate sont plus importantes au niveau des cours d'eau du bassin Côtiers Oranais dans S6 et S7 avec (476 mg/l et 433 mg/l) respectivement. Tandis que la valeur la plus minimale est au niveau de S5 avec (120 mg/l) dans le bassin de Chélif.

2. Carte de la qualité de l'eau des Oueds étudiés

A partir des résultats des indices diatomiques calculé : l'Indice Biologique Diatomées (IBD) et l'Indice de Polluosensibilité Spécifique (IPS), une carte de la qualité des cours d'eau analysés a été réalisée (Fig. 7).

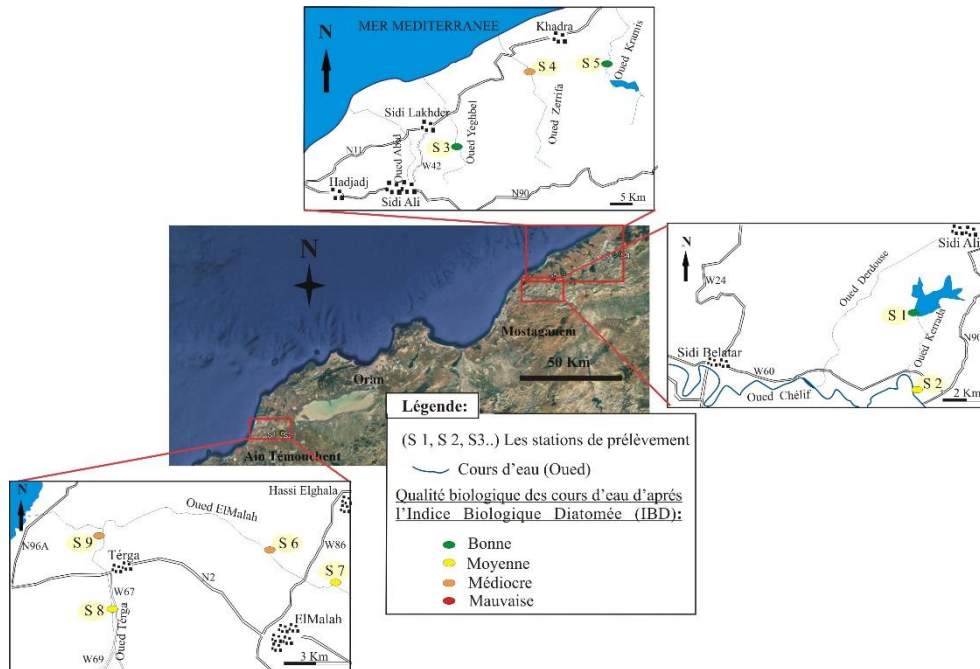


Figure 7 : Carte représentant la qualité biologique des cours d'eau d'après l'Indice Biologique Diatomées (l'IBD) dans les secteurs étudiés (Octobre, 2016)

Les échantillons (S1, S3 et S5) du bassin de Chélif sont de bonne qualité sur les affluents : Oued Kerrada (S1), Oued Yeghbel (S3) et Oued Kramis (S5). Ceci est approuvé par la prolifération de (*Fragilaria brevistriata* avec 15% et *Denticula tenuis* avec 10%) dans Oued Kerrada (S1), de (*Nitzschia denticula* avec 40% et *Brachysira neglectissima* avec 26%) dans Oued Yeghbel (S3) et de (*Nitzschia denticula* avec 55% et *Amphora holsatica* avec 15%) dans Oued Kramis (S5). L'analyse de ces prélèvements montre un peuplement de milieu à pH alcalin avoisine la neutralité, bien oxygéné, modérément minéralisé, pauvre en matière organique et sensible à la pollution.

L'eau est de qualité moyenne dans l'Oued Achasta (S2). Ce dernier, appartenant au bassin de Chélif se caractérise par la prédominance de *Brachysira neglectissima* avec (30%), *Denticula subtilis* avec (20%) et *Ulnaria ulna* avec (11,25%). Ces taxons supportent des niveaux de pollution élevés à pH neutre à alcalin, bien oxygéné, modérément minéralisé et pauvre en nutriments. La qualité de l'eau est médiocre dans l'Oued Zerrifa (S4), qui se situe aussi dans le bassin de Chélif. Cet échantillon se distingue par la prolifération de *Fallacia pygmaea* avec (46,25%), la fréquence de *Nitzschia sigmoidea* avec (17,5%), *Fallacia*

sublucida avec (7,5%), *Nitzschia supralitorea* avec (7,5%) et *Tryblionella apiculata* avec (6,25%), indiquant un milieu à pH neutre à alcalin, bien oxygéné, modérément minéralisé et pauvre en nutriments. Par ailleurs, concernant les échantillons (S6, S7, S8 et S9) du bassin Côtiers Oranais (Fig. 4), la qualité de l'eau obtenue sur l'Oued El Malah et l'Oued Téra est sensiblement moins bonne. On a constaté que, l'eau est d'une qualité moyenne dans les échantillons S7 (Oued El Malah) et S8 (Oued Téra) à médiocre au niveau des échantillons S6 (Oued El Malah) et S9 (Oued Téra).

Le prélèvement (S7) de Oued El Malah se caractérise par l'abondance de *Nitzschia palea* avec (45%), la fréquence de *Fallacia sublucida* avec (16,25%) et *Navicula caterva* avec (12,5%). Parallèlement, l'échantillon (S8) d'Oued Téra se distingue par la prolifération des taxons (*Nitzschia palea* avec 13,75%, *Gomphonema pseudoaugure* avec 11,75%, *Adlafia minuscula* avec 11,25% et *Navicula cryptocephala* avec 11,25%). Le peuplement diatomique de (S7) et (S8) se caractérise par l'abondance de l'espèce *Nitzschia palea* qui préfère les milieux à faible teneur en oxygène et capable de tolérer un niveau de pollution tant vis-à-vis de la matière organique que des nutriments et supporte l'assèchement du milieu.

Quant aux échantillons S6 de (Oued El Malah) et S9 de (Oued Terga) témoignant d'une eau de qualité médiocre, se caractérisent par la prolifération de *Tryblionella hyngarica* avec (25%), *Gomphonema variostigmatum* avec (16,25%), *Nitzschia palea* avec (15,5%) et *Mayamea atomus* avec (12,5%) dans S6 (Oued El Malah). Parallèlement, on note aussi la prédominance de *Gomphonema psedoaugure* avec (25%), *Nitzschia palea* avec (17,5%), *Luticola geoppertina* avec (17,5%) et *Mayamea atomus* avec (13,75%) dans S9 (Oued Terga). Ces échantillons se caractérisent par des espèces indicatrices de pollution organique et pouvant tolérer un niveau de pollution modérée à forte, le pH est alcalin (THUN) *Tryblionella hyngarica* et (MAAT) *Mayamea atomus*.

DISCUSSION

Les données du tableau (Tableau 4) et de la figure (Fig. 7) peuvent être résumées comme suit : Les valeurs du pH de l'eau des différents Oueds analysés sont comprises entre (7,37 et 7,85), indiquant ainsi un pH alcalin de ces cours d'eau dans les deux bassins (le bassin de Chélif et le bassin Côtiers Oranais). Ceci est confirmé par la prolifération des espèces alcalines. Par ailleurs, la flore diatomique est particulièrement pauvre en *Pinnularia* et d'autres genres acidophiles qui ne sont représentés que par les espèces les plus tolérantes et indifférentes au pH, cas de *Pinnularia gibba* Ehrenberg [33].

La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. Les valeurs les plus élevées de la conductivité ont été enregistrées dans les échantillons S4 (Oued Zerrifa) avec (5370 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et S1 (Oued Kerrada) avec (4650 $\mu\text{s}/\text{cm}$) dans le bassin Chélif. Quand aux minimales ont été observées au niveau du bassin Côtiers Oranais dans les échantillons de Oued Terga (S8 et S9) enregistrant (1761 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 1780 $\mu\text{s}/\text{cm}$) respectivement. Ceci est en concordance, avec les résultats de la qualité des eaux enregistrés dans ces mêmes prélèvements (Fig. 7).

Il a été constaté que les valeurs de la minéralisation montrent des similitudes par rapport à celles de la conductivité.

Les concentrations des nitrates (NO_3^-) au niveau des échantillons du bassin Côtiers Oranais (S8, S9 et S7) ont enregistrées (51 mg/l, 45 mg/l et 25 mg/l) respectivement, Mise à part (S6 avec 18 mg/l). Cependant, les valeurs minimales ont été observées dans les prélèvements du bassin de Chélif (S1, S2, S3, S4 et S5) avec (10 mg/l, 6 mg/l, 13 mg/l, 24 mg/l et 5 mg/l).

Toutefois, la topographique du terrain (pente) améliore la qualité des cours d'eau, où les eaux courantes, oxygénées, favorisent la dégradation de la matière organique par les bactéries et permettent la prolifération des espèces hypertrophes. En effet, les altitudes du bassin de Chélif sont plus hautes par rapport à celles du bassin Côtiers Oranais (Tableau 2). Ceci a été constaté dans les échantillons Oued Yeghbel (S3) et Oued Achasta (S2), dont les altitudes sont respectivement de 253 m et 234 m (Tableau 1) et (Fig. 7). Par contre, malgré sa basse altitude (16 m), l'Oued Kerrada (S1) est de bonne qualité. Ceci peut être expliqué par le fait qu'il est situé à proximité d'une retenue d'eau destinée à l'irrigation qui est certainement protégée contre tous déversement de polluants. Concernant, les eaux de l'Oued Kramis (S5) sont de bonne qualité (Tableau 1) et (Fig. 7), malgré leur position altimétrique (58 m). Cet échantillon (S5) est situé à la sortie du barrage Kramis et proche des lâchées d'eaux. Concernant, la station de l'Oued Zerrifa (S4) se situant en aval, ainsi ce dernier (S4) est facilement influencé par la pollution (Tableau 1) et (Fig. 7). Du côté du bassin Côtiers Oranais, on constate que les Oueds : El Malah (S7) et Terga (S8) sont utilisés pour l'irrigation malgré leur qualité moyenne (Tableau 1) et (Fig. 7). Par ailleurs, les altitudes de S6 (Oued El Malah) et S9 (Oued Terga) sont basses (51 m et 11 m) respectivement, car plus on se rapproche de l'embouchure (plage de Terga) les altitudes diminues et la qualité des cours d'eau se détériore (Tableau 1) et (Fig. 7).

Tableau 5 : Valeurs propres (logiciel XLSTAT).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeur propre	20,062	14,809	13,233	9,813	9,358	6,314	5,631	4,781
Variabilité (%)	23,883	17,630	15,753	11,682	11,140	7,516	6,703	5,692
% cumulé	23,883	41,513	57,266	68,948	80,089	87,605	94,308	100,000

L'Analyse en Composantes Principales ACP (Tableau 5) est une méthode statistique multidimensionnelle essentiellement descriptive. Son objectif est la représentation, sous forme graphique, d'un maximum d'informations contenues dans un tableau de données. Cette méthode d'analyse de données sert à mettre en évidence des similarités ou des

oppositions dans la série et à repérer les variables les plus corrélées entre elles. Afin de faciliter l'interprétation des résultats des ACP, on a utilisé le logiciel statistique appelé : XLSTAT. Sur le tableau ci-dessus sont reportées les valeurs propres de chaque axe factoriel, les pourcentages de la variance totale et leurs cumulés.

On remarque que le premier axe a une valeur propre égale à 20,062 expliquant 23,883 % de la variance totale. Le second axe a une valeur propre égale à 14,809 expliquant 17,63 % de la variance totale. Ceci montre que les deux premiers axes ne représentent que 41,51 % de la variance totale.

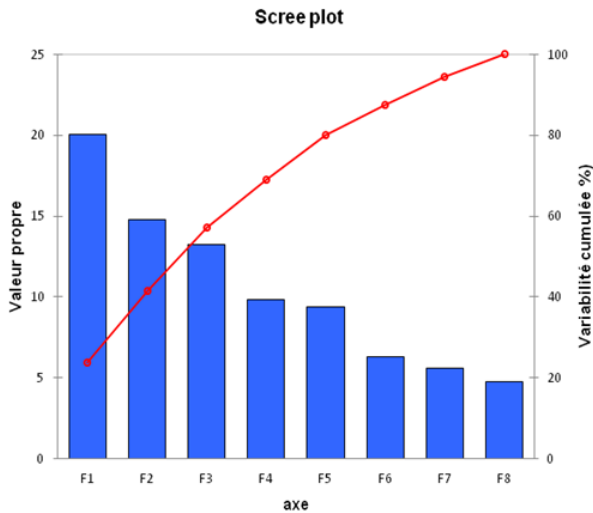


Figure 8 : Histogramme des valeurs propres

On peut aussi présenter l'ensemble des axes sous forme d'histogramme (Fig. 8). Mis à part le premier axe, d'après ce graphe, les écarts entre les valeurs propres sont réduits.

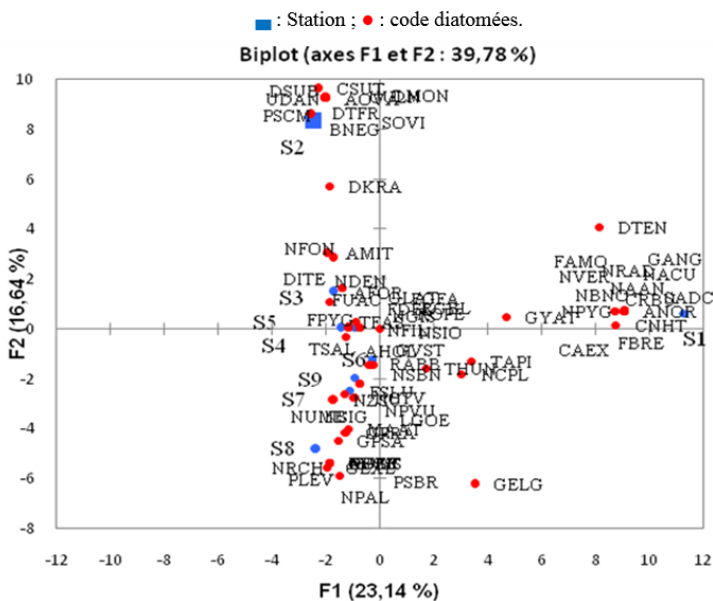


Figure 9 : Répartition des espèces et des Stations dans le plan formé par les axes F1 et F2.

Les individus, DTEN, FAMQ, NVER, NRAD, GANG, NACU, NAAN, NBNC, CRBD, SADC, NPYG, GYAT, ANOR, CNHT et FBRE dans (S1) occupent le quart supérieur droit du plan factoriel, ils ont donc des liaisons "positives" avec les composantes principales CP 1 et CP 2 (Fig. 9).

Ceux qui se trouvent au centre du plan factoriel, ne sont donc pas très bien expliqués par les composantes principales CP 1 et CP 2. L'analyse de la répartition des échantillons dans les plans factoriels permet de mettre en évidence les ressemblances et dissemblances existantes entre les échantillons en fonction de leur composition élémentaire. Afin d'identifier ces liens existant entre les échantillons et leur composition physico-chimique, les coordonnées des observations dans le plan factoriel CP 1, CP 2 ont été représentées sur (Fig.10).

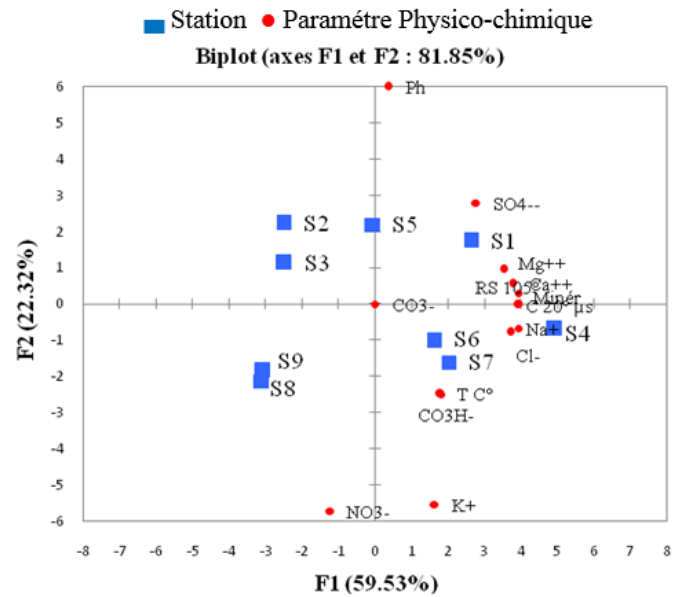


Figure 10 : Corrélations des Paramètres physico-chimiques avec les Stations correspondantes

La répartition des échantillons sur le plan factoriel (F1, F2) a permis d'identifier quatre ensembles (Fig. 10). Le premier ensemble regroupe les échantillons mal expliqués par la composante principale 1 et 2, provenant du bassin Côtiers Oranais (S6, S7) et du bassin de Chélif (S4). Un deuxième groupe est essentiellement défini par deux échantillons (S1 et S5) situés dans le bassin du Chélif et qui représentent des cours d'eau de bonne qualité. Un troisième ensemble regroupant les échantillons (S2 et S3) du bassin du Chélif et qui sont d'une qualité moyenne à bonne. Enfin, un quatrième ensemble regroupant les échantillons (S8 et S9) du bassin Côtier Oranais, représente une qualité moyenne à médiocre. Ces résultats sont en accord avec ceux de l'IBD et l'IPS.

CONCLUSION

L'analyse microfloristique nous a permis d'inventorier 72 espèces et variétés réparties en 32 genres. La systématique des diatomées est représentée par les Pennatophycidées.

La diversité spécifique calculée à partir de l'indice de Shannon-Weaver [27] marque de faibles valeurs et une distribution d'effectifs moins homogènes à Oued Zerrifa (S4), Oued Yeghbel (S3), Oued (S5) Kramis et Oued El Malah (S7). Tandis que des valeurs plus importantes sont enregistrées Oued Kerrada (S1), Oued (S8) Térça, Oued Achasta (S2), Oued El Malah (S6) et Oued Térça (S9). Ceci indique des conditions de milieu favorables permettant l'installation de nombreuses espèces et une bonne stabilité du peuplement. Par conséquence, les peuplements moins diversifiés se rencontrent dans les eaux très propres ou très polluées, tandis que les plus diversifiés dans les eaux de qualités intermédiaires. De même, l'indice d'équitabilité de Pielou [28] décrit une évolution similaire à celle de l'indice de diversité spécifique. Toutefois, l'état écologique (qualité d'eau) des cours d'eau étudiés a été évalué grâce aux résultats des indices IBD (Indice Biologique Diatomée) et IPS (Indice de Polluosensibilité Spécifique) ainsi que les données physico-chimiques des échantillons analysés :

- trois cours d'eau (S1, S3 et S5) sont de bonne qualité, représentés respectivement dans Oued Kerrada, Oued Yeghbel et Oued Kramis. L'analyse de ces cours d'eau montre un peuplement de milieu à pH alcalin avoisine la neutralité, bien oxygéné, modérément minéralisé, pauvre en matière organique et sensible à la pollution ;

- trois cours d'eau (S2, S7 et S8) sont de qualité moyenne dans les Oueds suivent (Oued Achasta, Oued El Malah et Oued Térça). Ces taxons supportent des niveaux de pollution élevés à pH neutre à alcalin, bien oxygéné, modérément minéralisé et pauvre en nutriment ;

- les trois cours d'eau (S4, S6 et S9) reflétant une qualité médiocre, dans les Oueds (Oued Zerrifa, Oued El Malah et Oued Térça). L'étude de ces échantillons indique l'existence d'espèces indicatrices de pollution organique, tolérant un niveau de pollution modéré à forte.

La présente étude contribue à améliorer les connaissances sur les travaux microfloristiques des diatomées continentales en Algérie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1].Rumeau, A.; Coste, M. (1988). Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique génétique. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 309 : 1-69.
- [2].Bey, M.Y.; Ector, L.; Chavaux, R.; Bérangert, P. (2013). *Atlas des diatomées des cours d'eau de la région Rhône-Alpes*. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes. Centre de Recherche Public. Gabriel Lippmann. pp.1220.
- [3].CEMAGREF (1982). Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Technique, Q.E. Lyon A.F., Bassin Rhône- Méditerranée, Corse.
- [4].AFNOR Association Française de Normalisation (2000). *Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD)*. Norme Française NF T 90-354, juin 2000. Association Française de Normalisation, Saint-Denis La Plaine, pp.63.
- [5].Montagne, C. (1846). Flore d'Algérie. Ordo I. Phyceae Freis. In : Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841, 1842. Durieu De Maisonneuve, M.c. (Eds.), Sciences physiques. Botanique. *Cryptogamie*. 1, 1-197.
- [6].Ehrenberg, C.G. (1854). Mikrogeologie : Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde. Leipzig : L. Voss. *Afrika*. 185-286.
- [7].Baudrimont R. (1970). *Contribution à l'étude de la flore algologique de l'Algérie. I : Hydrobiologie du Chott Ech Chergui*. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord: 61. 155-167.
- [8].Baudrimont R. (1971). *La recherche algologique en Algérie. Historique perspectives et bibliographie*. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord: 62. 3-4. 27-37.
- [9].Baudrimont R. (1974). *Recherches sur les Diatomées des eaux continentales de l'Algérie. Ecologie et paléo-écologie*. Mémoire, Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, nouvelle série: 12-265.
- [10].Al-Asadi, M.S.; Randerson, P.; Benson-Evans, K. (2006). Phytoplankton population dynamics in three west Algerian rivers: I - The river Cheliff its tributary, the river mina. *Marina Mesopotamica Online*, 1. 1 : 48-72.
- [11].Lange-Bertalot, H.; Fumanti, B.; Cavacini, P.; Tagliaventi, N. (2009). The genus *Navigiolium*. Bacillariophyceae. In *Mediterranean & North African rock pool habitats: description of four new species from Algeria*. *Fottea*, 2: 179 – 185.
- [12].Chaib, N.; Tison-Rosebery, J. (2012). Water quality assessment and application of the biological diatom index in the Kebir-East wadi, Algeria. *African Journal of Aquatic Science*, 37 (1): 59-69.
- [13].Nehar, B.; Blaco, S.; Hadjadji Aoul, S. (2015). Diversity and ecology of diatoms in northwest of Algeria: Case of El-Hammam Stream and estuary of Cheliff River. *Appl Ecol Environ Res.*, 13.1 : 37-52.
- [14].Bezzeghoud, B.; Mansour, B. (2013). Aperçu sur la structure systématique des diatomées épilithiques et qualité biologique de l'Oued Derdouse (Affluent de l'Oued Chélif, Algérie). 32^{ème} Colloque de l'ADLaF, 7th CE-Diatom Meeting, (Thonon-les-Bains, France, 16 - 20 sept 2013). Résumé.
- [15].Bezzeghoud-Sidi Yakoub B. ; Mansour, B. (2014). Inventaire diatomique de l'Oued Rhiou (affluent de l'Oued Chélif) et de l'Oued El Malah (affluent de l'Oued Tafna), nord-ouest de l'Algérie. 33^{ème} Colloque de l'ADLaF, 8th CE-Diatom Meeting, (Clermont-Ferrand, France, 7 - 10 sept 2014). Résumé.

- [16].Bezzeghoud, B.; Mansour B. (2017). Inventaire diatomique et qualité des cours d'eau dans le bassin Côtier Oranais (Oued el Malah) et le bassin du Bas Chélif (Oued Kramis et Oued Abid), Nord Ouest de l'Algérie. Campagne 2013. *Colloque Biosciences*, (Ecole Nationale des Sciences Biologiques, Oran, 28 - 29 Octobre 2017). Poster.
- [17].Nehar, B. (2016). Contribution à l'Etude des Diatomées Benthiques de quelques cours d'eau de l'Oranie: Taxonomie et Ecologie. Univ, Oran, These, Doctorat, 229 p.
- [18].<http://www.abh-cz.com.dz/bassin.html>
- [19].Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. (1986). Bacillariophyceae 1. Teil : Naviculaculaceae: In Sußwassereflora von Mitteleuropa. Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning and D. Mollenhauer, Vol. 2/1 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York., 876.
- [20].Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. (1988). Bacillariophyceae 2. Teil : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In Sußwassereflora von Mitteleuropa. Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning and D. Mollenhauer, Vol. 2/2 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York., pp. 596.
- [21].Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. (1991a). Bacillariophyceae 3. Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae: In Sußwassereflora von Mitteleuropa. Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, J. Heynig & D. Mollenhauer, Vol. 2/3 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena., pp. 576.
- [22].Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. (1991b). Bacillariophyceae 4. Teil : Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. In : Sußwassereflora von Mitteleuropa. Ed. by H. Ettl, G. Gartner, J. Gerloff, J. Heynig and D. Mollenhauer, Vol. 2/4 Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena., pp. 437.
- [23].Lange-Bertalot, H.; Moser, G. (2004). Brachysira. Monographie der Gattung. Wichtige Indikator Species für das Gewässer Monitoring und Naviculadicata nov. *Gen. Bibliotheca Diatomologica.*, 29 : 1-212.
- [24].Round, F.E.; Crawford, R.M.; Mann, D.G. (1990). The diatoms. Biology and morphology of the genera. *Cambridge University Press*, Cambridge: pp. 747.
- [25].Lange-Bertalot, H. (2000). Icon. Diatom. 7 Koeltz Scientific Books, Koenigstein.
- [26].Shannon, C.E.; Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. *University of Illinois*. Urbana, Chicago, London. pp. 3-24.
- [27].Piélou, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13 : 131-144.
- [28].De la Rey, P.A.; Taylor, J.C.; Laas, A.; Van Rensburg, L.Y.; Vosloo, A. (2004). Determining the possible application value of diatoms as indicators of general water quality : a comparison with SASS 5. *Water South Africa.*, 30 : 325-332.
- [29].Lenoir, A.; Coste, M. (1996). Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French national water board network. In : B.A. Whitton & E. Rott .Eds., Use of Algae for Monitoring Rivers II. *Institut für Botanik*. Univ. Innsbruck : 29-43.
- [30].Zelinka, M.; Marvan, P. (1961). Zur praxisierung der biologischen klassifikation der reinheit fliessender gewasser. *Archive Hydrobiologia.*, 57 : 389-407.
- [31].Lavoie, I.; Hamilton, P.B.; Campeau, S.; Grenier, M.; Dillon, P.J. (2008). *Guide d'identification des diatomées des rivières de l'Est du Canada*. Presses de L'Université du Québec. pp.242
- [32].Fawzi, B.; Chlaida, M.; Oubraim, S.; Loudiki, M.; Sabour, B.; Bouzidi, A. (2001). Application de certains indices diatomiques à un cours d'eau marocain : Oued Hassar. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science.*, 14 : 73-89