

---

Soumis le : 10/03/2021

Forme révisée acceptée le : 24/10/2021

Auteur correspondant : [abidi.sondes@yahoo.fr](mailto:abidi.sondes@yahoo.fr)

---



---

**Revue**  
**Nature et Technologie**

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

ISSN: 1112-9778 – E-ISSN: 2437-0312

---

# Influence des rejets d'une sucrerie sur la qualité physico-chimique, bactériologique et méiofaunistique de l'Oued Boujaarin (Tunisie)

Sondes ABIDI\*, Mustapha BEJAOU, Meryem JEMLI, Moncef BOUMAIZA

Université de Carthage, Faculté des Sciences de Bizerte, Laboratoire de Biosurveillance de l'Environnement LR01ES14, Jarzouna 7021, Bizerte, Tunisie

---

## Résumé

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'impact des rejets d'eaux de la sucrerie Ben Béchir sur la qualité physico-chimique, bactériologique et méiofaunistique de l'Oued Boujaarin. À cet effet, des échantillons d'eau et de sédiments ont été analysés durant les saisons automnale, hivernale et printanière durant les années 2006 et 2007. Les résultats montrent que sous l'effet de la pollution, ce cours d'eau s'est chargé en coliformes totaux, streptocoques fécaux, chlorures, nitrates, matières organiques dissoutes et sa demande biologique en oxygène a atteint un niveau élevé. Concernant les données méiobenthiques, les trois paramètres de diversité se maintiennent encore malgré la pollution : un nombre relativement élevé d'individus ( $N > 266 \text{ ind}/100 \text{ cm}^2$ ) ; des indices de Shannon et d'équitabilité importants ( $H' \geq 0,8$  ;  $J' \geq 0,43$ ) et ceci grâce à la biodisponibilité en matière organique et la bonne aération qui ont favorisé le maintien de la prolifération des différents maillons du réseau trophique méiobenthique.

Mots-clés : Paramètres physico-chimiques ; Coliformes ; Méiofaune ; Sucrerie ; Oued Boujaarin.

---

## *Influence of the wastes of a sugar factory on the Physico-chemical, bacteriological and meiofaunal quality of the Oued Boujaarin (Tunisia)*

### Abstract

The objective of this study is to assess the impact of water discharges from the Ben Béchir sugar factory on the Physico-chemical, bacteriological and meiofaunal quality of Oued Boujaarin. To this purpose, water and sediment samples were analyzed during the autumn, winter and spring seasons in 2006 and 2007. The results show that under the effect of pollution, this watercourse is loaded with total coliforms, fecal streptococci, chlorides, nitrates, dissolved organic matter and its biological oxygen demand has reached a high level. Concerning the meiobenthic data, the three diversity parameters are still maintained despite the pollution: a relatively high number of individuals ( $N > 266 \text{ ind}/100 \text{ cm}^2$ ); high Shannon and equitability indices ( $H' \geq 0.8$ ;  $J' \geq 0.43$ ) and this is due to the bioavailability of organic matter and the good aeration which favored the maintenance of the proliferation of the different maillons of the meiobenthic trophic chain.

Keywords: Physico-chemical parameters; Coliforms; Meiofauna; Sugar mill; Oued Boujaarin.

---

## 1. Introduction

Les industries agroalimentaires accélèrent leur cadence et leur rythme de production en ayant recours à l'utilisation intensive des ressources naturelles et plus particulièrement l'eau et l'énergie [1]. Ce rythme accru de production s'accompagne d'un accroissement du volume des eaux usées qui, face aux exigences normatives et légales qui régissent la protection de

l'environnement, nécessitent une caractérisation en vue d'orienter le choix du système de leur traitement et valorisation [2].

Une étude, réalisée par Errogui *et al.* [3] sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées d'une sucrerie, a révélé qu'ils sont relativement chauds et basiques. Ces effluents liquides ont présenté aussi une forte charge de matière oxydable, organique et particulaire, une forte minéralisation justifiée par une



Ce document est en accès libre selon les termes de la [Creative Commons Attribution License CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), qui permet de le partager, copier, reproduire, distribuer, communiquer, réutiliser ou adapter avec l'obligation de créditer son auteur.

conductivité électrique élevée. Le rapport DCO/DBO<sup>1</sup> a révélé le caractère biodégradable des eaux usées produites, auxquelles un traitement biologique pourrait être recommandé. Donc, les milieux recevant ces rejets industriels de la sucrerie non traités peuvent être soumis à des impacts écologiques et sanitaires importants Errogui *et al.* [3].

La sucrerie Ben Béchir avait été créée à Bou Salem dans les années quatre-vingt avec pour objectif de réduire les importations de sucre. Elle répondait à un modèle économique basé sur la culture de betteraves dans les champs environnants. La superficie exploitée avait atteint 4000 hectares plantés en betteraves à sucre. Cette unité industrielle rejette des effluents liquides directement dans les bassins des rejets, sans traitement interne suffisant [4]. Ainsi, la couleur rouge et la mauvaise odeur de ces deux bassins prouvent la présence : *i*) de matières organiques colorées tel que Bétalaine, pigment qui donne la couleur rouge au Betterave ; *ii*) de substances organiques volatiles ; *iii*) de certains gaz. Ces deux critères sont des précurseurs d'une pollution microbiologique certaine (présence de micro-organismes) et industrielle [5].

À côté de ces bassins, passe un affluent nord de la Medjerda : l'Oued Boujaarin qui est fort probablement

menacé par cette pollution. Il s'agit d'un cours d'eau temporaire qui traverse des terres agricoles et des zones de pâturage, sa largeur est d'environ 2 m. [6]

Le présent travail consiste à réaliser une caractérisation saisonnière des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et méiofaunistiques de ce cours d'eau afin d'évaluer les effets des eaux de rejets de la sucrerie.

Le substrat est grossier, formé de pierres et de gravier. Le couvert végétal est dense, formé par *Mandragora autumnalis*, *Eucalyptus (spp)*, *Tamarix africana*, *Typha angustifolia*, *Juncus maitimus*, *Phragmites communis*, *Ammi visnaga*, *Onopordon espiniae*, *Scolymus grandiflorus*, *Cynodon dactylon* et *Inula graveolens*.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Milieu d'étude

La station étudiée est située sur l'Oued Boujaarin (36°34'07,30"N ; 8°51'02,13"E), en aval des bassins de rejets de la sucrerie Ben Béchir (figure 1). En plus de l'infiltration des eaux des bassins, cette station est soumise à une pollution agricole.

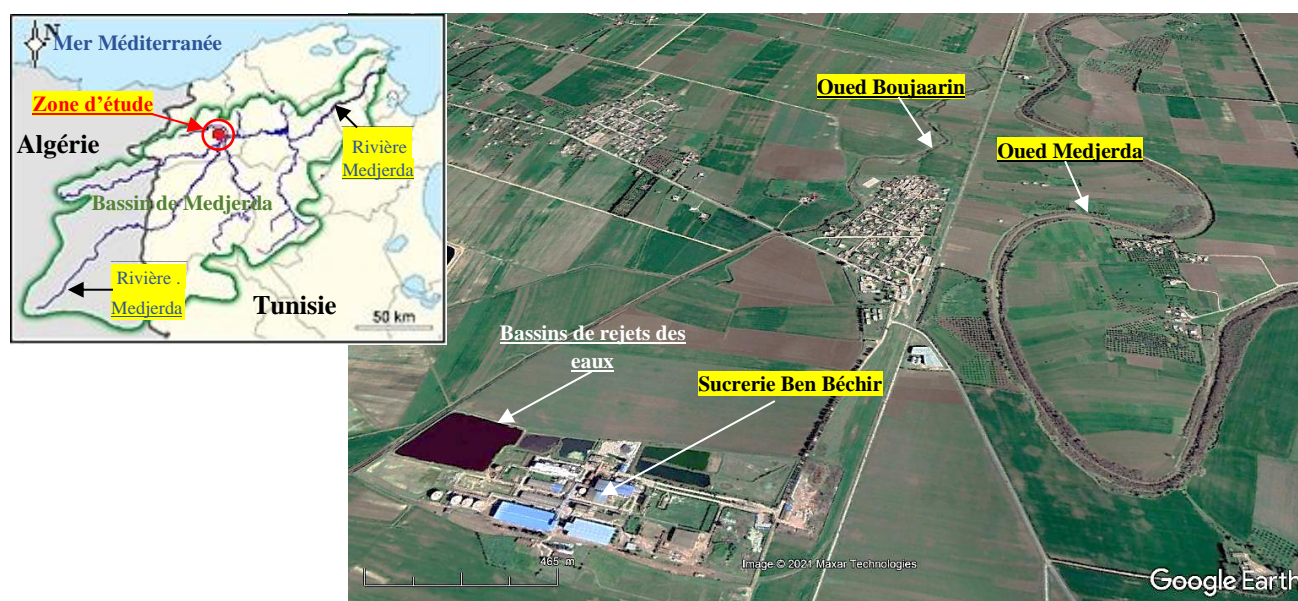


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (Source : Google Earth : 36°34'07.30"N ; 8°51'02.13"E ; 465 m) ([Image © Maxar Technologies](https://www.google.com/earth/))

<sup>1</sup> <http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/hydro/travail-coop/protocoles/analysesPC/dbo5>

## 2.2. Stratégie d'échantillonnage

Afin d'analyser les paramètres physico-chimiques et les données méiofaunistiques du milieu, des échantillons d'eau et de sédiments ont été prélevés à partir de la station prospectée durant les saisons automnale, hivernale et printanière durant les années 2006 et 2007. La disparition totale de l'eau pendant la saison estivale nous a empêchés d'effectuer l'échantillonnage demandé.

## 2.3. Techniques d'analyse de l'eau

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau telles que la turbidité, la température, le pH, la salinité et l'oxygène dissous, ont été mesurées sur le terrain à l'aide d'appareils de mesure portables de marque [WTW-1.9.7i](https://www.wtw.com)<sup>2</sup>.

Les ions indicateurs de pollution organique tels que les nitrates et les chlorures ont été dosés conformément aux normes AFNOR [7] et aux méthodes préconisées par Rodier en 1999 [8]

La teneur en matières organiques dissoutes a été mesurée par l'oxydabilité au  $\text{KMnO}_4$  [8]. La Demande biologique en oxygène (DBO) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques dans un échantillon d'eau sous l'action des micro-organismes qui s'y développent en cinq jours. Elle est mesurée par le changement de pression. Lorsque les micro-organismes transforment l'oxygène en dioxyde de carbone, on n'observe pas ce changement de pression puisque 1 mole d'oxygène et 1 mole de dioxyde de carbone occupent le même volume. Les pastilles de NaOH absorbent le dioxyde de carbone et le transforment en carbonate de sodium (solide dissous) selon la formule :  $2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , et ceci provoque alors une réduction de la pression. Afin d'assurer l'échange entre la pression partielle d'oxygène dans la phase gazeuse et celle dans le liquide de l'échantillon, il est important d'agiter l'échantillon en continu (agitation magnétique) [9].

Concernant l'analyse bactériologique, la numération des coliformes fécaux a été réalisée par la méthode de dénombrement des unités formant des colonies (UFC) qui consiste à filtrer sur une membrane stérile de porosité  $0,45 \mu\text{m}$ , à l'aide d'un dispositif de filtration lié à une

pompe à vide, l'échantillon d'eau ou des dilutions décimales de celui-ci, de manière à avoir, après incubation, 10 à 100 UFC sur le filtre. La membrane est incubée sur le milieu gélosé sélectif à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 h pour la recherche des coliformes fécaux [5,10].

Le comptage des streptocoques fécaux a été entrepris grâce à la méthode de détermination du Nombre le Plus Probable (NPP) dont le principe consiste à ensemencer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et/ou de dilutions de celui-ci dans des tubes de milieu de culture liquide. Les prises d'essai de l'échantillon ou des dilutions sont donc incorporées dans une première série de tubes de milieu non véritablement sélectif : c'est le test de présomption (croissance ou non). Ce premier test est qualitatif et permet de conclure seulement à la présence ou à l'absence de micro-organismes dans la prise d'essai. On ensemence une deuxième série de tubes de milieu plus sélectif en repiquant les tubes ayant donné un résultat positif dans la première série : c'est le teste confirmation. À partir de ces résultats, on estime la quantité de micro-organismes après détermination du NPP [11]. La loi de Poisson permet de calculer le NPP par unité de volume sur la base du nombre de tubes positifs comptés pour les diverses dilutions [12]. Donc, pour chaque série de trois tubes, on compte le nombre de tubes présentant un trouble microbien souvent accompagné d'un sédiment bleu violacé (positif). Le nombre lu sur la table de Mac Grady correspond au nombre le plus probable NPP de streptocoques fécaux dans 100 mL de l'échantillon à des limites de confiance de 95 % [13].

## 2.4. Techniques d'étude de la méiofaune

Étant donné que la méiofaune vit dans le sédiment des cours d'eau, on a donc extrait et conservé trois carottes de ces derniers de  $10 \text{cm}^2$  de section et 18 cm de hauteur [14] ; la conservation s'est faite dans du formol à 5 % en vue d'étudier la méiofaune. Le contenu de chaque carotte a été ensuite recueilli dans un bocal et conservé dans du formol à 5 % neutralisé à l'hexaméthylène-tétramine. L'extraction a été faite selon la technique de lévigation-

<sup>2</sup> Multiparamètre portable Profi Line Multi 197i WTW: Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Allemagne.

<https://www.xylyanalytics.co.uk/media/pdfs/wtw-iq-sensor-net-brochure.pdf?pdf=>

tamissage [15]. Le refus du tamis<sup>3</sup> de 40 µm a été coloré pendant 24 heures au rose Bengale puis versé dans une cuve de Dollfus à fond quadrillé. Le comptage sous loupe binoculaire permet d'évaluer les densités moyennes de chaque groupe méiofaunistique.

### 2.5. Analyses statistiques

À l'aide du logiciel Primer 6 ([Plymouth Routines on Multivariate Ecological Research](https://www.primer-e.com/about/))<sup>4</sup> [16], nous avons effectué des analyses multivariées telles que l'arrangement NMDS (non-metric Multi-Dimensional Scaling)<sup>5</sup>, le Cluster<sup>6</sup> et la procédure SIMPER (Similarity/Distance Percentages)<sup>7</sup>. Un arrangement MDS est une carte des échantillons, généralement à deux ou à trois dimensions, dans laquelle l'emplacement des échantillons représente leur simple localisation géographique qui reflète la similarité entre leurs communautés biologiques.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Étude physico-chimique et bactériologique

Les résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont présentés dans la figure 2 ci-dessous.

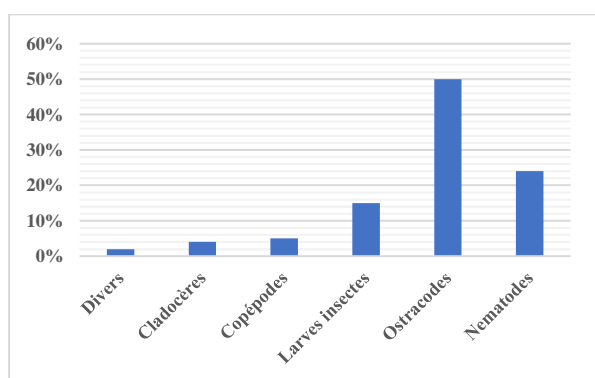


Figure 2 : Abondance des groupes méiofaunistiques récoltés dans la station prospectée de l'Oued Boujaarin (toutes saisons confondues 2006-2007).

La turbidité moyenne de l'Oued Boujaarin enregistrée est de l'ordre de 3,9 NTU. Elle est beaucoup plus faible que celle observée par Abidi *et al.* [17] au niveau de l'Oued Kasseb (400 NTU). Cette valeur faible s'explique par le substrat grossier et le couvert végétal dense de la station prospectée, susceptible d'atténuer la vitesse des vents et l'érosion lors des crues.

Pour la salinité, elle est généralement assez élevée durant les trois saisons oscillantes entre 1,2 et 1,4 psu, ce qui rend cette rivière relativement minéralisée malgré qu'elle fasse partie des affluents nord de la Medjerda. En fait, on s'attend à une salinité plus faible, proche de celle de l'Oued Kasseb (Salinité de l'ordre de 0,6 psu) [17]. Cet état est fort probablement causé par le chlorure puisque on a noté que les eaux de cette station sont très chargées en chlorures durant toutes les saisons, avec une teneur moyenne de 1008,39 mg.L<sup>-1</sup>. Cette forte concentration est consécutive à l'enrichissement des sols traversés par ce cours d'eau en chlore d'origine industrielle (infiltré à travers les bassins de rejets de la sucrerie) ou agricole (provenant de l'utilisation des pesticides (insecticides, herbicides, fongicides).

La plus forte teneur en matière organique a été enregistrée pendant la saison automnale (38 mg.L<sup>-1</sup>). En effet, durant l'automne, les conditions environnementales sont naturellement favorables à un enrichissement en matière organique (abondance des litières ; faible débit induisant également un allongement du temps de séjour dans le milieu ; température élevée). De plus, ce cours d'eau est soumis à une pollution industrielle due à une infiltration des eaux des bassins de rejets de la sucrerie de Ben Béchir.

Durant le printemps 2007, une chute de la teneur moyenne en la forme dissoute de la matière organique a été détectée (25 mg.L<sup>-1</sup>). Une telle situation s'explique par la dilution des matières en suspension, consécutive aux précipitations, puis par leur sédimentation suite à la baisse de la turbidité et l'utilisation des résidus organiques minéralisés dans la production végétale à cette période [18].

Une forte demande biologique en oxygène dissous pendant l'automne a été notée (75 mg.L<sup>-1</sup>), période

<sup>3</sup> Le refus d'un tamis est la quantité de granulats retenus sur la grille du tamis

<sup>4</sup> <https://www.primer-e.com/about/>

<sup>5</sup> Une bonne explication de la méthode est donnée sur :

<https://towardsdatascience.com/multidimensional-scaling-d84c2a998f72>

<sup>6</sup> Méthode utilisée pour organiser des données brutes en groupements homogènes selon une caractéristique commune.

<sup>7</sup> Répartition des espèces entre deux groupes à l'aide des dissimilarités de Bray-Curtis

durant laquelle les précipitations sont faibles et la charge des eaux en matière organique est maximale. Pendant l'hiver, la DBO diminue considérablement ( $25 \text{ mg.L}^{-1}$ ) sous l'effet de la diminution progressive de la charge organique en suspension ou dissoute, l'enrichissement des eaux en oxygène dissous et la réduction du niveau thermique des eaux.

Paradoxalement, au niveau de la station prospectée de l'Oued Boujaarin, une bonne oxygénation saisonnière (de l'ordre de  $8 \text{ mg.L}^{-1}$ ) s'est notée, malgré la pollution industrielle et agricole qui affecte le cours d'eau. Cette situation peut être expliquée par la forte densité des végétations immergée et bordante qui contribuent respectivement à l'enrichissement des eaux en oxygène dissous (photosynthèse) et à l'atténuation de la température locale (ombrage de la station).

La teneur des eaux en nitrates dans la station d'étude subit un accroissement saisonnier de la saison automnale ( $150 \text{ mg.L}^{-1}$ ) à la saison hivernale atteignant son maximum ( $451,4 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Puisque les sols sous-jacents de ce cours d'eau ne sont pas favorables à la culture suite à leur surcharge en sel sous l'effet des eaux de rejets, on ne s'attend pas que ces terres soient riches en engrais azotés. Fort probablement, les eaux de rejets de la sucrerie qui sont riches en nitrates [3] constituent la source initiale de cette pollution.

En passant à la saison printanière, une chute brutale des teneurs en nitrates a été notée ( $\leq 20 \text{ mg.L}^{-1}$  au printemps 2007). Cette situation est fort probablement consécutive, d'une part, à l'assimilation des nitrates par les végétaux, et d'autre part, à la transformation d'une grande quantité de nitrates en nitrites par les bactéries dénitrifiantes [19].

Les coliformes et les streptocoques fécaux sont de bons indicateurs de la contamination fécale, et leur présence s'associe, dans la majorité des cas, à celle des germes pathogènes. La teneur des eaux en coliformes et en streptocoques dépend, en plus de la source de contamination (ponctuelle ou diffuse), des conditions climatiques et physico-chimiques [12].

Par comparaison à l'Oued Kasseb [16], l'Oued Boujaarin a montré une quantité relativement très faible et stable des coliformes durant toute la période d'étude, avec respectivement  $80\,000 \text{ CFU.100 mL}^{-1}$  pour le premier cours d'eau, contre seulement

$1200 \text{ CFU.100 mL}^{-1}$  pour le second. Ceci peut être relié à l'éloignement de la station prospectée des sources ponctuelles de contamination (les STEPs)<sup>8</sup>, à la salinité relativement élevée et à la présence de chlore en quantité suffisante induisant une préalable désinfection du milieu. En effet, Bordalo *et al.* [20] ont montré que les fortes salinités font diminuer le taux des coliformes fécaux dans les eaux. De plus, Mayo [21] a constaté que l'augmentation du pH affecte l'abondance des coliformes. Ces deux dernières constatations ont été confirmées par Chedad et Assobhei [22].

Toutefois, la présence des streptocoques fécaux à des teneurs relativement importantes dans la station d'étude, notamment pendant la saison printanière ( $2500 \text{ NPP.100 mL}^{-1}$ ) revient au caractère de résistance notoire de ces bactéries aux agents désinfectants qui peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs [23-25].

### 3.2. Étude méiofaunistique

Divers groupes méiofaunistiques ont été récoltés dans le sédiment de l'Oued Boujaarin au cours des trois saisons : automne, hiver et printemps. Le taxon prédominant, tous prélèvements confondus, est celui des ostracodes : abondance relative (AR = 50 %), suivi par celui des nématodes (24 %). Les copépodes et les cladocères sont nettement en retrait occupant la troisième position (AR = 5 %). D'autres groupes méiofaunistiques tels que les turbellariés, les ciliés, les polychètes, les oligochètes, les tardigrades et les formes indéterminées sont groupés sous la rubrique « divers » dont l'abondance relative est de 2 % (figure 3).

Il est intéressant de signaler que, malgré des effectifs relativement faibles ( $N < 420 \text{ ind}$ ), les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité sont appréciables ( $h' > 0,9$  et  $J' > 0,5$ ). Le milieu d'étude qui se caractérise par une eau relativement salée et assez fortement minéralisée, chargée en matière organique ( $39 \text{ mg.L}^{-1}$ ) et une bonne aération du sédiment, avec un substrat grossier autorisant une meilleure circulation des eaux au niveau des interstices) est favorable au maintien et à la prolifération des différents maillons du réseau trophique méio-benthique, en accord avec les observations de Marmonier [26].

<sup>8</sup> Station d'Épuration des eaux usées

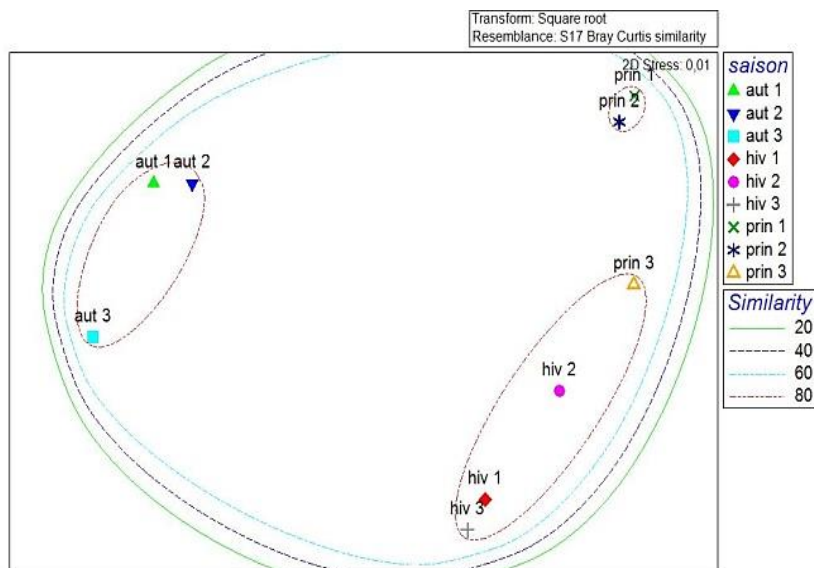


Figure 3 : Arrangement des saisons d'échantillonnage selon la méthode MDS réalisée en considérant les valeurs transformées (racine carrée : *square root*) des abondances de chaque groupe méiofaunistique calculées pour les saisons automnale (aut), hivernale (hiv) et printanière (prin).

Selon la méthode MDS et en tenant compte des effectifs globaux des taxons méiofaunistiques, le classement des saisons d'étude permet de distinguer, dans la station d'échantillonnage prospectée, trois types de peuplements (figure 4) selon une similarité de 80 % :

- Le premier peuplement correspond à la communauté méiofaunistique de la saison automnale ;

- Le deuxième peuplement comprend la communauté méiofaunistique de la saison hivernale ;
- Le troisième peuplement inclut la communauté méiofaunistique de la saison printanière.

Le test statistique de Cluster confirme le regroupement méiofaunistique sus indiqué (figure 4).

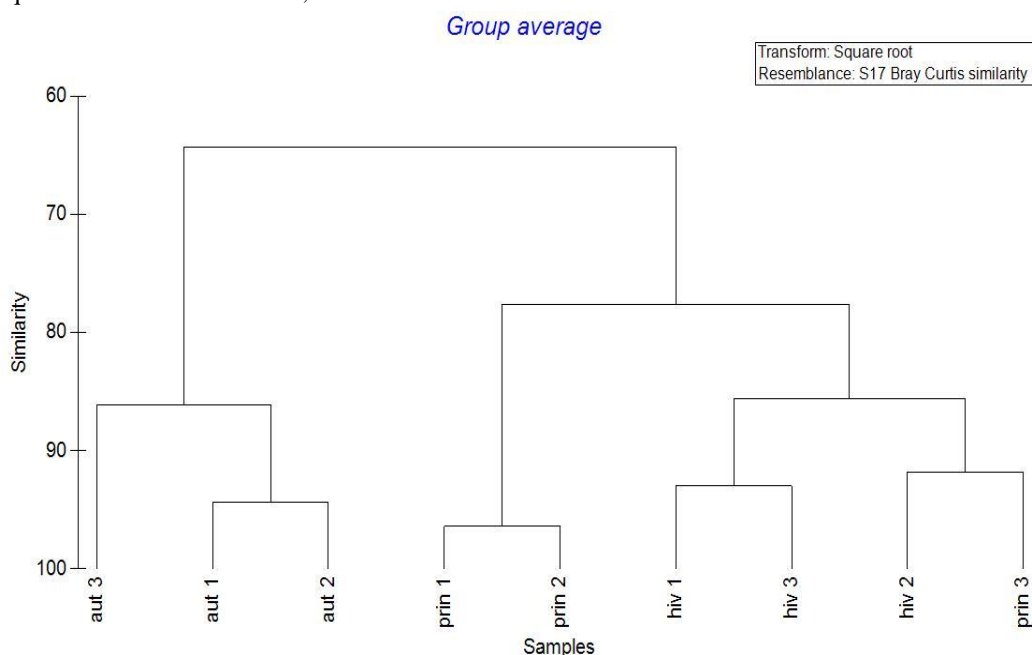


Figure 4 : Regroupement des saisons sur la base de la distance euclidienne pour l'abondance des groupes méiofaunistiques récoltés.

L'absence de chevauchement entre les peuplements méiofaunistiques signale que chaque saison fournit au cours d'eau étudié des caractères physico-chimiques spécifiques qui, à leur tour, influent sur la répartition quantitative et qualitative de la méiofaune.

Le test SIMPER (tableau 1) permet de distinguer les groupes-clés de la répartition observée en MDS et Cluster. Entre l'automne et les deux autres saisons, c'est la quantité des larves d'insectes, des nématodes et des copépodes récoltés qui explique la différence inter saisons observée ; alors qu'entre le printemps et l'hiver, ce sont plutôt les « divers », les ostracodes et les cladocères qui sont à l'origine de la différence entre les deux saisons.

Tableau 1  
Dissimilarité moyenne entre les différentes saisons d'échantillonnage et contribution de chaque groupe trophique à la dissimilarité de Bray-Curtis moyenne.

	% de dissimilarité	Groupes contributeurs	% de contribution
Automne-Hiver	32,74	Larves d'insectes Copépodes Nématodes	30 25 13
Automne-Printemps	93,25	Larves d'insectes Copépodes Nématodes	31 28 17
Printemps-Hiver	28	Divers Ostracodes Cladocères	51 18 16

#### 4. Conclusion

Les eaux de rejets de la sucrerie n'ont pas menacé uniquement la qualité physicochimique et bactériologique de l'Oued Boujaarin mais les terres agricoles sous-jacents et les animaux. En effet des témoignages des agriculteurs accusent la sucrerie d'être la cause de l'impossibilité de récolte dans ces terrains ayant une qualité médiocre sous l'effet de la pollution par la sucrerie. De plus, les habitants ont signalé, à une période où l'activité de l'usine est intense, des mortalités chez les vaches après avoir bu de l'eau contaminée de ce cours d'eau. Il est donc urgent pour les autorités compétentes, notamment au niveau des ministères impliqués (Santé, Environnement, Agriculture...) de procéder à des opérations d'aménagement et de restauration de l'écosystème de l'Oued Boujaarin avant que la perturbation n'avance davantage et n'atteigne un point de non-retour.

Le fait que la méiofaune de l'Oued Boujaarin demeure diversifiée et équilibrée malgré les rejets de la

sucrerie ne signifie pas que le benthos n'est pas menacé. Des analyses physiologiques et morphologiques plus poussées sur la méiofaune s'avèrent donc nécessaires afin de mieux évaluer l'effet de cette pollution.

#### Remerciements

Nous remercions l'administration de l'agriculture de la préfecture de Jendouba pour sa participation dans les sorties ainsi que le laboratoire d'hygiène de l'hôpital régional de Jendouba pour les analyses bactériologiques.

#### Références

- [1] Massimo B., 2001, « *La gestione territoriale dei reflui agroalimentari. Il bisogno informativo attraverso la Rough Set Analysis* ». Thèse de Doctorat d'État. Université de Padoue, Italie. Numéro OCLC : 1045974074
- [2] Équiterre., 2007, « *Choisir l'avenir : se choisir* », Mémoire présenté à la Commission sur l'avenir de l'agriculture et de l'agroalimentaire québécois, p. 20 et 31. Disponible en ligne. [https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/1867911?ocref=T6qrX0CQH\\_3z81UPM1PXew](https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/1867911?ocref=T6qrX0CQH_3z81UPM1PXew) (accédé le 15/02/2021)
- [3] Errogui Y., Nahli A., Chlaida M., Contribution à la caractérisation physico-chimique des effluents de la Cosumar (Casablanca, Maroc) en vue de leur traitement approprié, *European Scientific Journal*, 14 (9) (2018) : 2012-225. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n9p212>
- [4] Bourial H., 2018, La sucrerie de Ben Béchir toujours dans l'incertitude, Disponible en ligne. <https://www.webdo.tn> (accédé le 09/02/2021)
- [5] Bento L., Machado S., Hervé D., Traitement intégré des éluats de régénération des unités de décoloration en raffinerie de sucre, *Industrie Alimentaire et Agricole*, 106 (7-8) (1989) : 573-578. ISSN 0019-9311.
- [6] Abidi S., Bejaoui M., Jemli M., Boumaiza M., Water quality of the Oued Medjerda, Tunisia and Algeria, and three of its northern tributaries, *Hydrological Sciences Journal*, 60 (9) (2015). [Version HTML]. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.909597>
- [7] AFNOR (Agence Française de Normalisation), 1990, *Eaux - méthodes d'essais. Recueil de normes françaises*, 4<sup>e</sup> édition. Paris, la Défense, France, 735 pages
- [8] Rodier J., (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats*. Paris, Dunod, 1384 p.
- [9] Obrist, D., 2005. *Demande biologique en oxygène (DBO)*. École d'ingénieurs de Genève, 3 p.
- [10] APHA (American Public Health Association), 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19<sup>th</sup> edition. American Public Health Association, Washington DC, USA.
- [11] Pommepuy M., Guillaud J.F., Dupray E., Derrien A., LE Guyader F. et Cormier M., Enteric bacteria survival factors, *Water Science and Technology*, 25 (12) (1992): 93-103. <https://doi.org/10.2166/wst.1992.0341>
- [12] George I et Servais P., 2002. *Source et dynamique des coliformes dans le bassin de la Seine. Écologie des systèmes aquatiques*, Université libre de Bruxelles, 46 p. Disponible en ligne. [http://piren16.metis.upmc.fr/?q=webfm\\_send/454](http://piren16.metis.upmc.fr/?q=webfm_send/454) (accédé le 27/02/2021)

- [13] Marchal N., Bourdon J. L., Richard Cl., 1991. Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries. Paris, Doin, pp. 200, 206, 239.
- [14] Gray J. S., Sample size and sampling frequency in relation to the quantitative sampling of sand meifauna. In Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. on Meiofauna, edited by N. C. Julings, Smithsonian. Contr. Zool., 76 (1971): 191-197. [https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/5298/SCtZ-0076-Lo\\_res.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/5298/SCtZ-0076-Lo_res.pdf?sequence=2&isAllowed=y) (accédé le 02/02/2021)
- [15] Vitiello P. et Dinét A., Définition et échantillonnage du méiobenthos. Rapp. P. V. Comm. Int. Explr. Scient. Mer Méd., 25/26(4) (1979) : 279-283. [Version imprimé]. [http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/26/CIESM\\_Congress\\_1978\\_Antalya\\_article\\_0040.pdf](http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/26/CIESM_Congress_1978_Antalya_article_0040.pdf) (accédé le 05/07/2021)
- [16] Clarke K. R. et Gorley R. N., 2005. Primer: Getting started with v 6. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK, 10 p.
- [17] Abidi S., Bejaoui M., Boumaiza M., Influence de la pollution sur la qualité des eaux et la méiofaune de l'Oued Kasseb (Tunisie septentrionale), Bull. Soc. Zool. Fr., 136 (1-4) (2011) : 145-157.
- [18] Dejoux C., Élouard J. M., Forge P. et Jestin J. M., Mise en évidence de la microdistribution des Invertébrés dans les cours d'eau tropicaux. Incidence méthodologique pour la recherche d'une pollution à long terme par pesticides, Rev. Hydro. Biol. Trop., 14(3) (1981) : 253-262. Disponible en ligne. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/cahiers/hydrob-trop/01461.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cahiers/hydrob-trop/01461.pdf) (accédé le 02/03/2021)
- [19] Mariotti A., Mariotti F., Amarger N., Pizelle G., Ngambi J. M., Champigny M. L. et Moysse A., Fractionnements isotopiques de l'azote lors des processus d'absorption des nitrates et de fixation de l'azote atmosphérique par les plantes, Physiologie Végétale, 18 (1) (1980) : 163-181.
- [20] Bordalo A. A., Onrassami R. et Dechsakulwatana C., Survival of fecal indicator bacteria in tropical estuarine waters (Bangpak on River, Thailand), J. Appl. Microbiol., 93 (5) (2002): 864-871. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01760.x>
- [21] Mayo A. W., Modeling coliform mortality in waste stabilization ponds, J. Environ. Engineer, 121 (2) (1995) :140-152. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1995\)121:2\(140\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1995)121:2(140))
- [22] Chedad K. et Assobhei O., Étude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune de Oualidia (Maroc), Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 29 (2007) : 71-79. Disponible en ligne. [http://www.israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/02/09-%20Chedad%20et%20al.%20\(71-79\).pdf](http://www.israbat.ac.ma/wp-content/uploads/2015/02/09-%20Chedad%20et%20al.%20(71-79).pdf) (accédé le 01/03/2021)
- [23] Clausen A. M., Green B. L. et Litsky W., 1977. Fecal streptococci: indicators of pollution. Dans: Bacterial Indicators/Health hazards associated with water. Hoadley A. et Dutka B., édit. American Society for Testing and Materials, ASTM STP: 247-264. <https://doi.org/10.1520/STP34833S>
- [24] Haslay C. et Leclerc h., 1993, Microbiologie des eaux d'alimentation. LAVOISIER Tec & Doc, Paris, 495 p.
- [25] OMS., 2000. -Directives de qualité pour l'eau de boisson : Volume 2 - critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la santé. 2<sup>e</sup> édition, 1050p.
- [26] Marmonier P., 1998. « *Le milieu interstitiel des cours d'eau : des échanges d'eau aux échanges de nutriments et d'organismes* ». Habilitation à diriger des Recherches, Université de Savoie, France. Vol I 48p. + Vol. II 134p.
-