



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM
جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان

FACULTE DE SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité : Ecologie

Présenté par : ALI Sidi Mohammed El Hadi

Intitulé

Impact de la Pollution Urbaine, Industrielle et Aménagement sur les Assemblages Benthiques d'Oued Sikkak

Président : Pr. Belaidi Nouria

Examineur : M. Zattem Amine

Encadreur : Pr. TALEB Amina

Année Universitaire
2022 – 2023

TABLE DE MATIÈRE

RÉSUMÉ.....	1
INTRODUCTION	1

CHAPITRE I ETUDE DU MILIEU

CARACTÉRISTIQUE DU MILIEU PHYSIQUE.....	3
Description générale du bassin versant de la Tafna :	3
Description du sous bassin versant de l'Oued Sikkak :	3
Géologie :	5
Pédologie :	5
Végétation :	7
Hydrologie :	9
Climatologie :	9
Description des stations :	10
Station SS :	11
Station S2 :	11
Station S3 :	11
Station S4 :	12

CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES

Echantillonnage et Méthodes d'étude	13
Analyse d'eau	13
Mode de prélèvement	13
Analyse physico-chimique :	13
Température (T°) :	13
Conductivité (CE) :	13
Potentiel hydrogène (pH) :	14
Oxygène dissous :	14
Phosphate total:	14
Ortho phosphates (PO ₄) :	14
Ammonium (NH ₄ ⁺) :	14
Nitrates (NO ₃) :	15
Nitrites (NO ₂) :	15
Analyse Faunistique :	15
Mode Prélèvements faunistiques :	15
Conservation de l'échantillon :	16
Tri et Identification :	16

Méthodes statistiques :	16
Tests non paramétriques :	16
Indices biologiques :	16
Indice de qualité : (Indice Biologique Global Normalisé IBGN).....	17
Indices mathématiques	19
Indice de Shannon-Weaver :	19
Indice d'équitabilité de Piélou :	20

CHAPITRE III RESULTAT ET INTERPRETATION

Paramètres physico-chimiques	21
Température (T°)	22
Potentiel hydrogène (pH)	23
L'oxygène OD	23
La conductivité électrique (CE)	24
Paramètres indicateurs de pollution organique	25
Ammoniums (NH ₄ ⁺)	25
Nitrites (NO ₂)	26
Nitrates (NO ₃).....	27
Phosphates Total (PO ₄ ⁻³)	28
Ortho-phosphates (PO ₄ ⁻³)	29
Inventaire global des macro-invertébrés recensés	30
Composition faunistique des stations du bassin versant de l'oued Sikkak	31
Insectes	31
Mollusques	36
Crustacés	37
Oligochètes.....	37
Achètes ou Hirudinées	38
Comparaison de la Composition faunistique des stations du bassin versant de l'oued Sikkak.....	39
Biodiversité et évaluation de qualité écologique de l'oued Sikkak	40
Indice de Shannon-Weaver.....	41
Indice l'équitabilité de Piélou.....	41
Indice Biologique Global Normalisé (IBGN).....	41

CHAPITRE IV DISCUSSION

Discussion	42
------------------	----

CHAPITRE V CONCLUSION

Conclusion.....	45
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte des altitu des avec localisation des stations	4
Figure 2 : Carte d'occupation Géologique dans le bassin de la Tafna	6
Figure 3 : Carte d'occupation végétale dans le bassin de la Tafna	7
Figure 4 : Réseau hydrographique de la zone prospectée avec localisation des station études	10
Figure 5 : Variation Spatiotemporel de la Température (C°).....	22
Figure 6 : Variation Spatiotemporel de Potentiel hydrogène (pH).....	23
Figure 7 : Variation Spatiotemporel de L'oxygène dissous (OD).....	23
Figure 8 : Variation Spatiotemporel de La conductivité électrique (CE)	24
Figure 9 : Variation Spatiotemporel de Nitrite (mg/l)	25
Figure 10 : Variation Spatiotemporel de Nitrates (mg/l)	26
Figure 11 : Variation Spatiotemporel de Ammoniums (mg/l)	27
Figure 12 : Variation Spatiotemporel de Ortho phosphates (mg/l)	28
Figure 13 : Variation Spatiotemporel de Phosphates (mg/l).....	29
Figure 14 : Abondance des groupes faunistiques dans les stations étudiées.....	31
Figure 15 : Abondance et répartition spatiale des Diptères dans les stations	32
Figure 16 : Abondance et répartition spatiale des Trichoptères dans les stations	32
Figure 17 : Abondance et répartition spatiale des Ephéméroptères dans les stations.....	33
Figure 18 : Abondance et répartition spatiale des Coléoptères dans les stations	34
Figure 19 : Abondance et répartition spatiale des Plécoptères dans les stations.....	34
Figure 20 : Abondance et répartition spatiale des Odonates dans les stations	35
Figure 21 : Abondance et répartition spatiale des Hétéroptères dans les stations	35
Figure 22 : Abondance et répartition spatiale des Mollusques dans les stations.....	36
Figure 23 : Abondance et répartition spatiale des Crustacés dans les stations.....	37
Figure 24 : Abondance et répartition spatiale des Oligochètes dans les stations	38
Figure 25 : Abondance et répartition spatiale des Achètes dans les stations	38
Figure 26 : Composition faunistique des principaux taxons des station pendant les deux périodes	39
Figure 27 : Indices biologiques (IBGN) des différentes stations d'études.	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de forme des unités hydrologiques de la Tafna.....	3
Tableau 2 : Caractéristiques morphométriques du bassin versant de Sikkak	4
Tableau 3 : Caractéristiques hydrologie du bassin versant de Sikkak.....	9
Tableau 4 : Calcul de l'IBGN	18
Tableau 5 : Groupe Faunistique Indicateur	18
Tableau 6 : Analyses physicochimiques des stations d'étude.....	21
Tableau 7: Répartition des stations en fonction des classes de qualité pour l'oxygène	24
Tableau 7: Répartition des stations en fonction des classes de qualité pour la conductivité.....	25
Tableau 8: Répartition des stations en fonction des classes de qualité pour le Nitrites.	26
Tableau 9 : Répartition des stations en fonction des classes de qualité pour le Nitrates.....	27
Tableau 10: Répartition des stations en fonction des classes de qualité pour l'Ammoniums	27
Tableau 11: Répartition des stations en fonction des classes de qualité pour Phosphate total	28
Tableau 14: Nombre de familles et de genres de macro- invertébrés benthiques recensés dans le bassin versant d'Oued Sikkak	30
Tableau 15 : Indices mathématiques de différentes stations d'études.....	40
Tableau 16 : Résultats de l'indices biologiques (IBGN) des différentes stations d'études.	41

LISTE DES ABREVIATIONS

BREVIATIONS	SIGNIFICATIONS
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
%	Pourcentage.
°C	Degré Celsius.
L	Litre.
Kg	Kilogramme.
m³/L	Mètre cube par litre.
NO³⁻	Nitrates.
mg/L	Milligrammes par litre.
pH	Potentiel d'hydrogène.
CE	Conductivité électrique.
µS/cm	Micro-siemens par centimètre.
OD	Oxygène dissous.
NH₄⁺	Ammonium.
MO	Matière organique.
NO²⁻	Nitrites.
g/L	Grammes par litre.
m/h	Mètre par heure.
m/j	Mètre par jours.
Km	Kilomètre.

m²	Mètre carré.
m³	Mètre cube.
L/s	Litre par seconde.
T	Température.
g/m³	Gramme par mètre cube.
h	Heure.
ANBT	Agence Nationale des Barrages et Transfert.
ANRH	Agence Nationale des Resource en Eaux

RESUME

La présente étude vise à évaluer l'impact de la pollution agricole, industrielle et urbaine sur les assemblages benthiques des cours d'eau de l'oued Sikkak, un sous-bassin de la Tafna situé dans le nord-est de l'Algérie. Nous avons analysé ces impacts en relation avec différents facteurs environnementaux.

Dans cette étude, nous avons examiné la variation de la richesse taxonomique des macro-invertébrés benthiques dans les cours d'eau d'Oued Sikkak. Nous avons échantillonné quatre stations dans le bassin versant, en tenant compte des différents niveaux d'impact humain et de la couverture de l'habitat. Parmi ces stations, deux étaient situées en zone agricole (S3, S4), une en zone urbaine et industrielle (S2), et une en zone forestière (SS), ce qui permettait de comparer la qualité de l'eau entre ces différents sites.

La faune recensée dans cette étude se répartit en cinq grands groupes zoologiques, à savoir les oligochètes, les mollusques, les crustacés, les arachnides et les insectes. Au total, nous avons identifié 47 genres répartis dans 4 embranchements, 5 classes, 15 ordres et 40 familles distinctes. Les groupes les plus diversifiés étaient les diptères (10 taxons) et les trichoptères (8 taxons), tandis que les basommatophores et les diptères étaient les plus abondants.

La station SS présentait une biodiversité élevée, avec une richesse totale de 40 taxons et un indice de Shannon de 3,49. En revanche, les stations S3 et S4 présentaient une biodiversité plus faible, avec une richesse totale de 14 et 13 taxons respectivement, et un indice de Shannon de 1,56 et 1,51. L'indice biologique global normalisé (IBGN) a révélé que la qualité hydrobiologique de l'eau dans les cours d'eau étudiés était très bonne pour la station SS, tandis qu'elle était qualifiée de mauvaise pour les stations S3 et S4. Ces résultats sont en corrélation avec l'analyse des paramètres physico-chimiques, qui ont révélé des niveaux élevés de pollution organique, de nitrites, d'ammoniums, d'ortho-phosphates et de phosphates dans les stations S2, S3 et S4. Ces polluants sont dus aux rejets domestiques, industriels et agricoles provenant de la ville de Chétouane, de la zone industrielle et des terrains agricoles d'Amiare, d'Ain Youcef et de Lafhoul. Cependant, les stations S3 et S4 présentaient une légère amélioration de la qualité de l'eau par rapport à la station S2, en aval du bassin de Sikkak.

Mots clés : Pollution agricole, industrielle et urbaine - Macro-invertébrés benthiques - diversité taxonomique - Analyse physico-chimiques - Oued Sikkak.

الملخص

تهدف الدراسة الحالية إلى تقييم تأثير التلوث الزراعي والصناعي والعمري على التجمعات للافقاريات القاعية واد السكّاك ، وهو حوض فرعي من حوض تافنة يقع في شمال شرق الجزائر. لقد قمنا بتحليل هذه التأثيرات فيما يتعلق بالعوامل البيئية المختلفة.

ولقد تم ، دراسة الثراء التصنيفي للافقاريات القاعية في مجاري لواد السكّاك. لقد جرى أخذ عينات من أربع محطات في مستجمعات المياه ، مع الأخذ في الاعتبار المستويات المختلفة للتأثير البشري . من بين هذه المحطات ، كانت اثنتان تقعان في منطقة زراعية (S3) ، (S4) ، وواحدة في منطقة حضرية وصناعية (S2) ، والأخيرة في منطقة غابية (SS) ، مما أمكننا من مقارنة جودة المياه بين هذه المحطات المختلفة .

تنقسم للافقاريات القاعية التي تم تجميعها في هذه الدراسة إلى خمس مجموعات رئيسية ، وهي الديدان والرخويات والقشريات والعناكب ويرقات الحشرات. ولقد حددنا 47 صنف موزعة على 4 فروع ، 5 فصول ، 15 رتبة و 40 عائلة متميزة. كانت المجموعات الأكثر تنوعاً هي Diptera (10 أصناف) و Trichoptera (8 أصناف) ، بينما كانت Basommatophores و Diptera الأكثر وفرة.

تتمتع محطة SS بتنوع بيولوجي عالٍ ، بثناء إجمالي قدره 40 تصنيفاً ومؤشر شانون يبلغ 3.49 من ناحية أخرى ، قدمت المحطات S3 و S4 تنوعاً بيولوجياً أقل ، مع ثراء إجمالي 14 و 13 تصنيفاً على التوالي ، ومؤشر شانون 1.56 و 1.51 أظهر المؤشر البيولوجي العالمي المعياري (IBGN) أن جودة المياه في الأنهار المدروسة كانت جيدة جداً لمحطة SS ، بينما تم تصنيفها على أنها ضعيفة بالنسبة لمحطتي S3 و S4 ارتبطت هذه النتائج بتحليل المتغيرات الفيزيائية والكيميائية التي كشفت عن مستويات عالية من التلوث العضوي والنتريت والأمونيوم والفسفات و في المحطات S2 و S3 و S4 والتي تفرز من المنزلية والمصانع والراض الزراعية لمدينة شتوان والمنطقة الصناعية والأراضي الزراعية في أميار وعين يوسف واللفحول. ومع ذلك ، أظهرت المحطات S3 و S4 تحسناً طفيفاً في جودة المياه مقارنة بالمحطة S2 ، أسفل حوض السكّاك.

الكلمات المفتاحية : التلوث الزراعي والصناعي والحضري - اللافقاريات القاعية - التنوع التصنيفي - التحليل الفيزيائي والكيميائي - واد السكّاك.

SUMMARY

The present study aims to assess the impact of agricultural, industrial and urban pollution on the benthic assemblages of the rivers of the Sikkak wadi, a sub-basin of the Tafna located in the

northeast of Algeria. We have analyzed these impacts in relation to various environmental factors.

In this study, we examined the variation in the taxonomic richness of benthic macroinvertebrates in the rivers of Oued Sikkak. We sampled four stations in the watershed, considering different levels of human impact and habitat cover. Among these stations, two were located in an agricultural zone (S3, S4), one in an urban and industrial zone (S2), and one in a forest zone (SS), which made it possible to compare the water quality between these different sites.

The fauna identified in this study is divided into five major zoological groups, namely oligochaetes, molluscs, crustaceans, arachnids and insects. In total, we have identified 47 genera distributed in 4 branches, 5 classes, 15 orders and 40 distinct families. The most diverse groups were Diptera (10 taxa) and Trichoptera (8 taxa), while Basommatophores and Diptera were the most abundant.

Station SS had high biodiversity, with a total richness of 40 taxa and a Shannon index of 3.49. On the other hand, stations S3 and S4 presented a lower biodiversity, with a total richness of 14 and 13 taxa respectively, and a Shannon index of 1.56 and 1.51. The normalized global biological index (IBGN) revealed that the hydrobiological quality of the water in the rivers studied was very good for the SS station, while it was qualified as poor for the S3 and S4 stations. These results are correlated with the analysis of the physicochemical parameters, which revealed high levels of organic pollution, nitrites, ammoniums, ortho-phosphates and phosphates in stations S2, S3 and S4. These pollutants are due to domestic, industrial and agricultural discharges from the city of Chétouane, the industrial zone and the agricultural lands of Amiare, Ain Youcef and Lafhoul. However, stations S3 and S4 showed a slight improvement in water quality compared to station S2, downstream of the Sikkak basin.

Key words: Agricultural, industrial and urban pollution - Benthic macro-invertebrates - taxonomic diversity - Physicochemical analysis - Oued Sikkak.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les milieux aquatiques présentent une dynamique et une complexité remarquable, en plus d'être d'une grande importance dans le paysage en raison de leur productivité biologique élevée, de leur riche biodiversité et de la multitude de processus et de fonctions écologiques qu'ils abritent (**Higler 2009**).

La compréhension du fonctionnement et de la gestion des hydrosystèmes naturels, ainsi que l'évaluation de l'état de santé des écosystèmes, reposent sur l'importance primordiale des études portant sur les communautés d'invertébrés benthiques, incluant leur structure et leur répartition spatiale (**Dakki, 1992**).

Les cours d'eau abritent principalement des macro-invertébrés qui constituent la majorité du peuplement benthique. Ces organismes comprennent des larves d'insectes, des crustacés, des mollusques, des némathelminthes et des annélides, et se trouvent généralement à proximité du fond. La diversité et l'abondance des macro-invertébrés dépendent fortement des conditions environnementales, telles que la vitesse du courant, la température et la nature du substrat, qui régulent leur répartition dans le ruisseau. Par conséquent, le peuplement faunistique des écosystèmes aquatiques est constamment influencé par la variabilité spatio-temporelle de l'environnement, et seules les espèces adaptées aux différents types d'habitats de la mosaïque fluviale, en termes de caractéristiques biologiques et de préférences écologiques, sont présentes. (**Townsend et Hildrew, 1994**).

En Afrique du Nord et plus particulièrement en Algérie, les bassins hydrologiques cruciaux subissent une détérioration de la qualité des eaux de surface en raison de la pollution causée par les déchets provenant des zones urbaines et industrielles.

En effet les cours d'eau font face à d'importantes perturbations d'origine naturelle en raison de leur régime hydraulique. Ils connaissent des périodes d'étiage prolongé et sévère, alternant avec des crues violentes. En plus de ces perturbations naturelles, les activités humaines contribuent également à ces perturbations. Par exemple, le colmatage du fond des cours d'eau par des sédiments provenant des activités humaines est fréquent. Cette situation entraîne la raréfaction de nombreux groupes faunistiques présents dans ces cours d'eau. (**Clavel et al, 1977 ; Cuinat, 1980**).

Ces oueds, sont confrontés également à des menaces importantes en raison de la pollution d'origine humaine causée par l'urbanisation rapide, l'industrialisation et l'aménagement du territoire. Dans ce contexte, les assemblages benthiques, qui sont les communautés d'organismes vivant sur ou dans le fond des cours d'eau, sont particulièrement vulnérables aux impacts de la pollution.

Les milieux aquatiques et amphibies, qui sont uniques et riches en biodiversité, sont constamment exposés aux différentes formes de pollution générées par nos activités industrielles et domestiques. Les polluants introduits dans l'eau peuvent avoir des effets néfastes sur la vie de tous les organismes en aval. De plus, des facteurs physiques tels que l'écoulement de l'eau dans le sens de la pente peuvent également avoir des conséquences importantes sur les écosystèmes aquatiques. **(Durantel 1987).**

Dans le nord de l'Afrique, les études sur les macro-invertébrés se sont principalement concentrées sur la taxonomie et la biogéographie. Les premières études faunistiques menées dans l'oued Tafna ont porté sur des groupes zoologiques spécifiques **(Gagneur, 1983 ; Chaoui-Boudghen, 1984 ; Gagneur et al., 1985 ; Yadi, 1985 ; Gagneur et Thomas, 1988 ; Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988 ; Gagneur et Aliane, 1991).**

Par la suite, plusieurs travaux ont été réalisés sur l'impact anthropique dans certains oueds, ainsi que sur leur fonctionnement **(Taleb et al., 2004 ; Gagneur et Bendiouis, 1991 ; Belaidi et al., 2004 ; Taleb et al., 2008).**

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact de la pollution urbaine et industrielle sur l'oued Sikkak. Pour ce faire, nous avons réalisé une évaluation de la qualité de l'eau en utilisant un indice biologique. Ensuite, nous avons étudié la composition et la structure des assemblages benthiques. Enfin, nous avons analysé la relation entre la qualité de l'eau et les assemblages benthiques.

Cette étude contribuera à mieux comprendre l'impact de la pollution d'origine humaine sur l'oued Sikkak. Elle permettra également d'identifier les mesures de gestion nécessaires pour protéger les assemblages benthiques et assurer la durabilité de l'écosystème de l'oued Sikkak.

CHAPITRE I

ETUDE DU MILIEU

1 CARACTÉRISTIQUE DU MILIEU PHYSIQUE:

1.1 Description générale du bassin versant de la Tafna :

Le bassin versant de la Tafna est situé au nord-ouest de l'Algérie, principalement dans la wilaya de Tlemcen. Il couvre 37 communes et une partie du bassin versant de la Tafna se trouve également au nord-est du Maroc, pour une superficie totale de 7245 km².

Le bassin de la Tafna comprend plusieurs affluents dont, les principaux sont l'Oued Khemis, l'Oued Sebdou, l'Oued Mouilah, l'Oued Isser et l'Oued Boukiou qui reçoit l'Oued Sikkak.

Tableau 1 : Caractéristiques de forme des unités hydrologiques de la Tafna (BABA HAMED, 2001., BOUANANI, 2004)

Bassins	Superficie (km ²)	Périmètre (Km)	Coefficient de compacité Kc	Rectangle équivalent	
				L (Km)	l (Km)
Oued Khemis	350	93	1.39	37,23	9,4
Oued Sebdou	255.5	78	1.37	30,7	8,32
Oued Mouilah	2650	230	1.25	82,96	31,94
Oued Zitoun	140	65	1.54	24	5,83
Oued Boumessaoud	118	59	1.52	24,53	4,81
Oued Sikkak	463	116	1.50	48,49	9,55
Oued Chouly	288.9	115	1.28	21,7	13,31
Oued Isser (Bensekrane)	1139.74	180	1.49	85,26	13,37
Oued Boukiou	117.3	58	1.50	23,91	4,9

1.2 Description du sous bassin versant de l'Oued Sikkak :

Le bassin versant de l'oued Sikkak est un affluent de la rive gauche de l'oued Isser et prend naissance à oued nachef qui alimente le barrage de Mefrouche. Il se réforme à partir des falaises de Ourit. Le bassin de l'oued Sikkak s'étend sur une superficie de 218,52 km². Plusieurs affluents alimentent l'oued Sikkak, parmi lesquels les principaux sont l'Oued El Amiguiier dans la région de Ain youcef.

*Tableau 2: Caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'Oued Sikkak
(Bouanani, 2004)*

Superficie du bassin	218(km²)
Périmètre du bassin	65(km)
Indice de compacité	1.5
Indice de pente	0.021
Longueur cours d'eau	20(km)
Altitude	1500 (m)
Temps de concentration	9h30

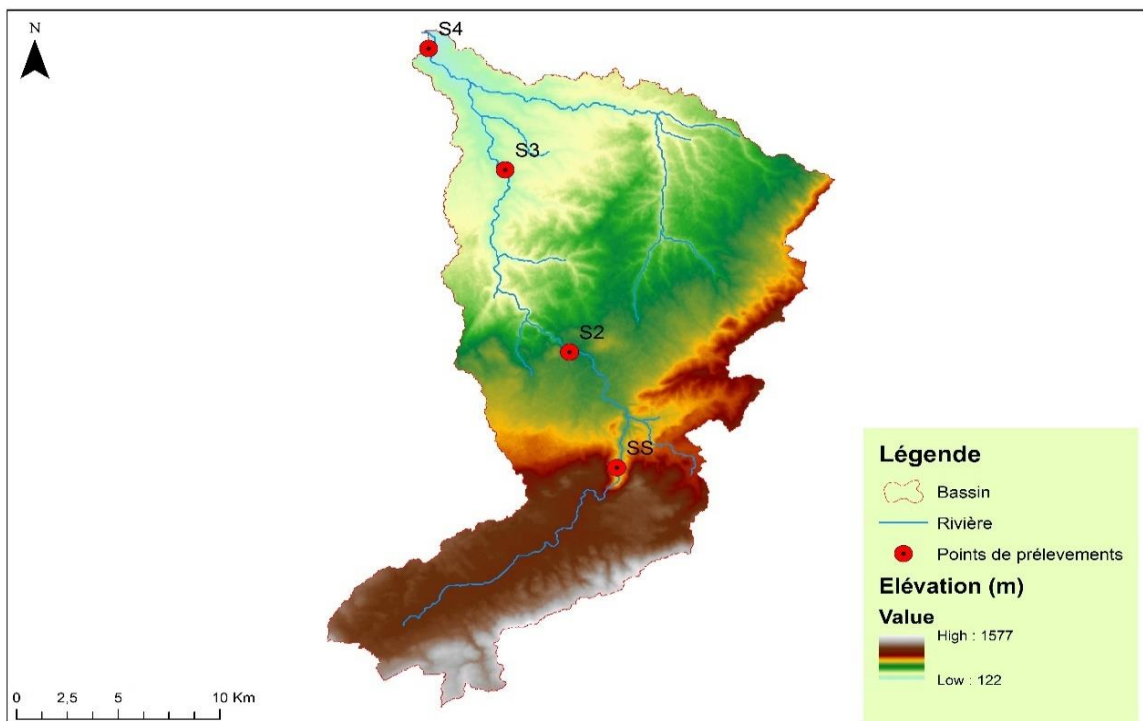


Figure 1: Carte des altitudes avec localisation des stations (réaliser avec ArcGIS)

1.2.1 Géologie :

Selon les observations de Chaumont en 1965, le bassin versant de la Tafna présente trois formations géologiques distinctes:

Dans la région nord du bassin, on trouve les massifs montagneux des monts des Beni-Snassen et des Traras, composés de formations du Jurassique moyen et inférieur. Ces formations se prolongent sous les couches marneuses du Miocène, présentant une variété de faciès comprenant des argiles calcaires marneuses ainsi que des grés-marneux.

Dans la région sud du bassin, les massifs calcaires des monts du Tlemcen dominant. Ils sont constitués de dépôts carbonatés du Jurassique supérieur, comprenant des formations calcaires et gréseuses.

Au centre du bassin, on trouve une dépression inter-montagneuse qui englobe la plaine des Amgals et de Maghnia. Cette dépression est formée par les dépôts marins du Miocène supérieur et inférieur, ainsi que par des alluvions de sable et de gravier.

Par ailleurs, les travaux d'Aime en 1991, les substrats géologiques de la région de l'Oranie nord-occidental peuvent être regroupés en quatre formations principales : les formations carbonatées, les formations non carbonatées, les formations volcaniques et les formations quaternaires.

1.2.2 Pédologie :

Selon Bouanani en 2004, on observe une grande diversité de sols Dans la région de l'Oued Sikkak. La pédologie de cette zone est caractérisée par différents types de sols tels que les sols bruns, les sols rouges et les sols calcaires. Chaque type de sol possède des caractéristiques physiques et chimiques distinctes, qui sont influencées par la formation géologique, le relief et la végétation.

Les sols bruns sont connus pour leur texture fine et leur haute teneur en matière organique, ce qui les rend très fertiles. Les sols rouges, en revanche, ont souvent une acidité plus élevée et sont moins fertiles que les sols bruns. Les sols calcaires présentent une texture plus grossière et sont riches en calcium, ce qui les rend propices à la culture de certaines plantes.

La diversité pédologique de la région de l'Oued Sikkak offre ainsi de nombreuses possibilités agricoles pour les agriculteurs locaux, en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque type de sol.

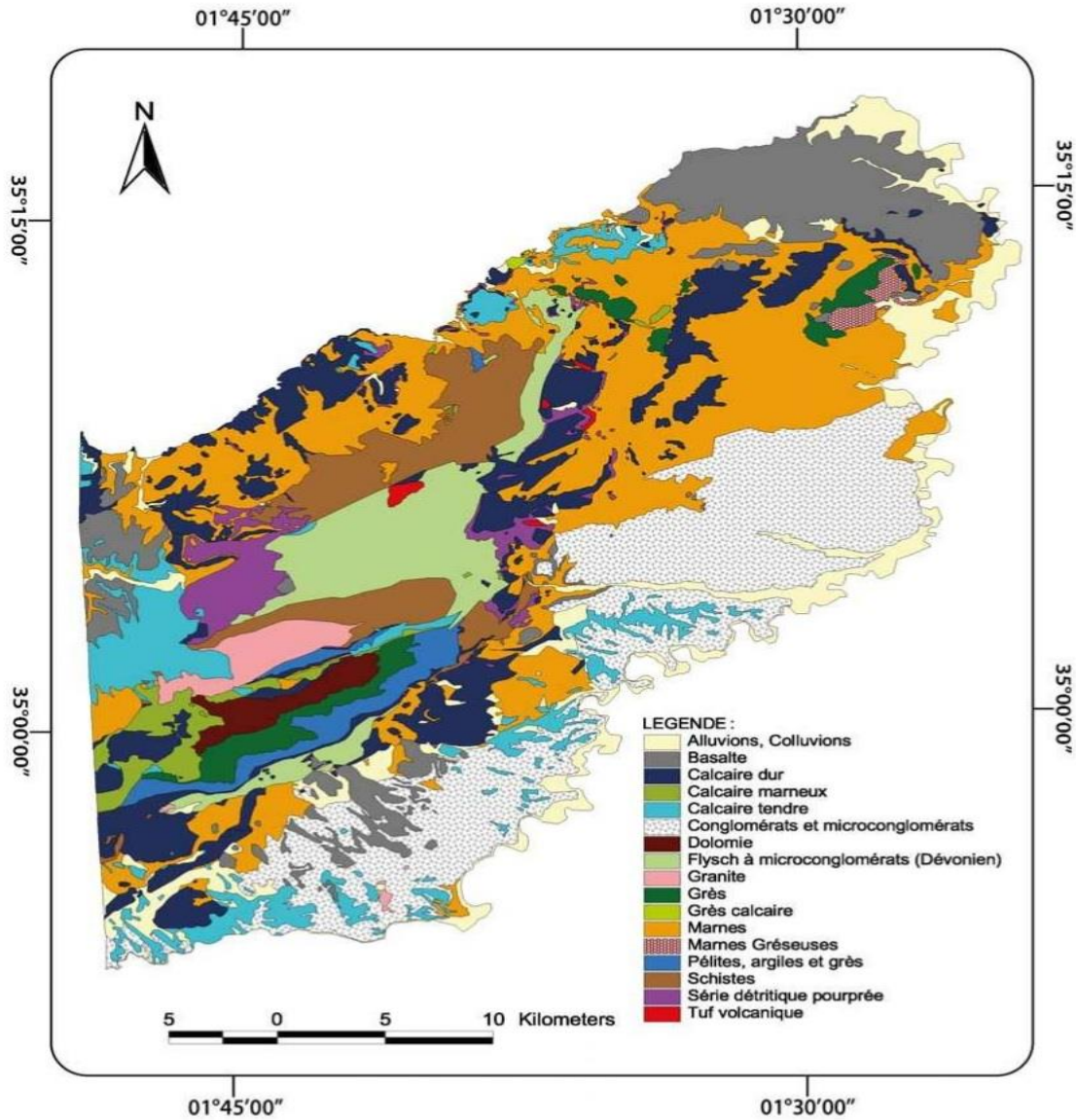


Figure 2: Carte d'occupation Pédologie dans le bassin de la Tafna (KAZI-TANI, L., GAOUAR, A. 2015)

1.2.3 Végétation :

L'occupation végétale exerce une influence directe sur l'écoulement des cours d'eau, tout comme les facteurs orographiques et climatiques. Plus le couvert végétal est dense, plus la résistance à l'écoulement est grande. Dans les régions méditerranéennes, l'effet de la forêt sur régime des eaux joue un rôle considérable.

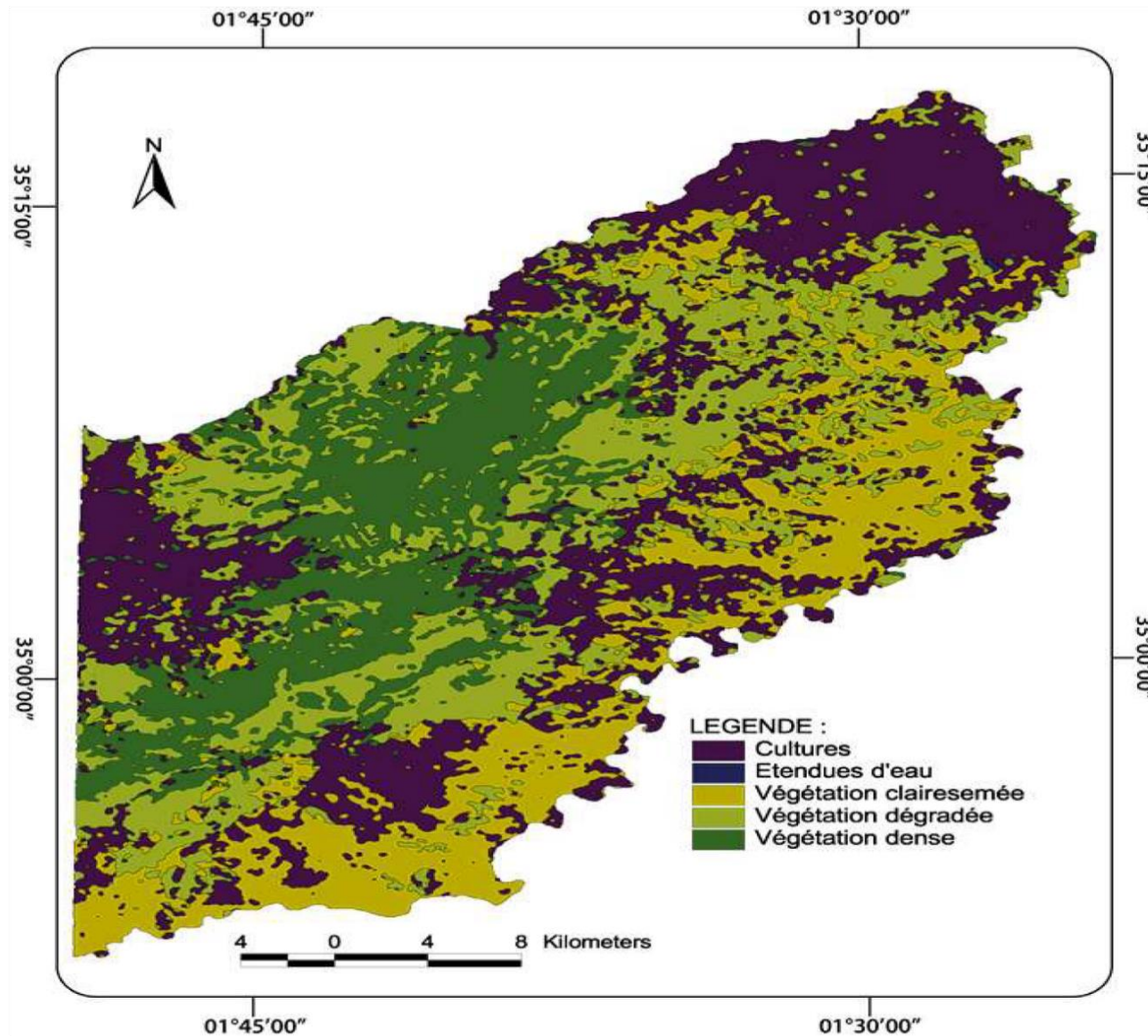


Figure 3: Carte d'occupation végétale dans le bassin de la Tafna (KAZI-TANI, L., GAOUAR, A. 2015)

Le paysage végétal du bassin de la Tafna a subi une dégradation importante due à divers facteurs tels que les incendies, l'agriculture extensive et le surpâturage. Ces activités ont entraîné une diminution de la couverture végétale, ce qui a eu des conséquences négatives sur l'écosystème local (**Bouanani, 2004**).

Le sous bassin versant du Sikkak présente une diversité d'espèces réparties dans différentes strates végétatives, à savoir les arbres, les arbustes et les plantes herbacées. Voici quelques exemples d'espèces caractéristiques de chaque strate:

- Espèces arborées: Chêne vert (*Quercus ilex*), Caroubier (*Ceratonia siliqua*), Peuplier blanc (*Populus alba*), Figuier (*Ficus carica*).
- Espèces arbustives: Lentisque (*Pistacia lentiscus*), Oxycedre (*Juniperus oxycedrus*).
- Espèces herbacées: Joncs (*Juncus acutus*), Lierres (*Hedera helix*)

Ces différentes espèces contribuent à la biodiversité et à la fonctionnalité des écosystèmes riverains en fournissant des habitats, de la nourriture et d'autres services écosystémiques.

En ce qui concerne les activités agricoles, les cultures pratiquées dans la région sont principalement axées sur les cultures maraîchères, ainsi que sur quelques vergers d'agrumes et d'arbres fruitiers. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent une grande partie de la zone des monts de Tlemcen, ainsi qu'une partie des monts des Traras (**Bouanani, 2004**).

Les végétaux servent en outre de lieux de ponte et de frayère pour invertébrés et poissons. Ils sont utilisés également en tant que matériaux de construction pour les fourreaux larvaires de certains trichoptères ou les cocons de nymphoses de certains lépidoptères.

Il faut signaler enfin leur rôle d'abri pour les organismes qui viennent se cacher parmi la masse végétale de la vue de leurs prédateurs ou également y trouvent une protection contre l'ardeur du soleil estival (**Barbe ,1984**)

Les macrophytes jouent notamment un rôle important pour la stabilité des lits des cours d'eau afin d'éviter l'érosion des matériaux et le colmatage pour augmenter la capacité de drainage (**Strande et al, 2018**).

1.2.4 Hydrologie :

Les données collectées par la station hydrométrique de Meffrouche comprennent les mesures de débits d'eau, de niveaux de la rivière et d'autres paramètres hydrométriques importants. Ces données permettent de surveiller les variations du débit d'eau au fil du temps, d'évaluer les ressources en eau disponibles et de prendre des décisions éclairées concernant l'utilisation et la gestion des ressources hydriques.

En plus de la surveillance des quantités d'eau, la station hydrométrique de Meffrouche peut également collecter des données sur la qualité de l'eau, telles que les mesures de turbidité, de pH, de température de l'eau, etc. Cela permet d'évaluer la qualité de l'eau dans le bassin versant et de détecter d'éventuelles variations ou problèmes liés à la pollution ou à d'autres facteurs (ANRH).

Tableau 3: Caractéristiques hydrologie du bassin versant de Sikkak (ANRH 2016).

Superficie du bassin versant	≈ 218 km²
Débit moyen annuel	≈ 10,5 m³/s
Débit maximal enregistré	≈ 2 000 m³/s (lors des crues exceptionnelles)
Débit minimal enregistré	≈ 0,5 m³/s (en période d'étiage)
Pluviométrie moyenne annuelle	≈ 300 mm
Évapotranspiration moyenne annuelle	≈ 1 000 mm
Coefficient d'écoulement moyen	≈ 0,35
Temps de concentration moyen	≈ 9 heures
Type de régime hydrologique	≈ Pluvio-nival

1.2.5 Climatologie :

Le climat a un rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau et la modification du régime des cours d'eau dans le bassin versant d'Oued Sikkak. Avec un climat méditerranéen, la région connaît des variations saisonnières de température et de précipitations.

La température moyenne annuelle d'environ 15,50 °C indique un climat doux dans la région. Les mois les plus chauds sont juillet et août, avec une température moyenne de 26 °C. Ces températures

élevées peuvent influencer l'évaporation de l'eau et donc le niveau des cours d'eau et des nappes souterraines.

Le sous-bassin de Sikkak est influencé par les dépressions atmosphériques d'origine atlantique et méditerranéenne. Ces dépressions traversent le détroit de Gibraltar, touchent la région de la Tafna et provoquent des vents d'ouest et des vents humides vers le nord du bassin. Ces vents apportent des précipitations qui contribuent à l'approvisionnement en eau de la région.

Cependant, les hauts plateaux de la région sont soumis à des vents secs en provenance du nord et de l'est. Ces vents peuvent entraîner une évaporation accrue de l'eau et une diminution des précipitations, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité des ressources en eau dans ces zones. (Rouissait .2016).

1.3 Description des stations :

Nous avons choisi quater stations situées sur l'oued Sikkak.

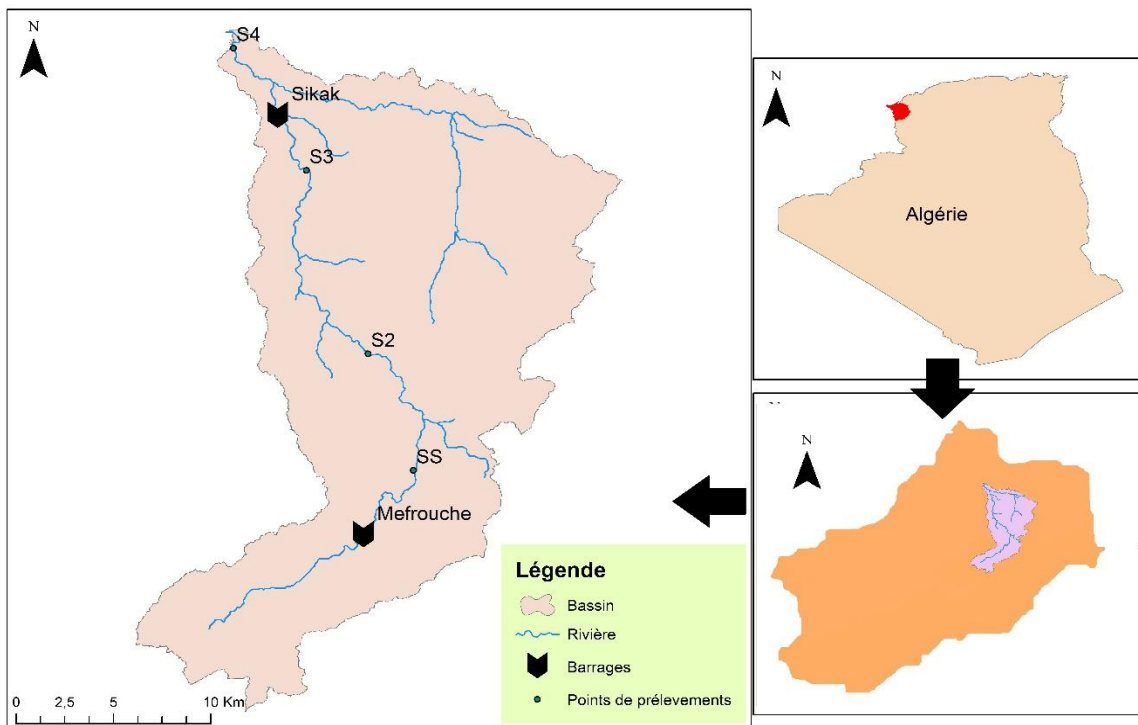


Figure 4: Réseau hydrographique de la zone prospectée avec localisation des station études (réaliser avec ArcGIS)

1.3.1 Station SS :

La station se localise en amont d'oued Sikkak à une altitude de 685 m, longitude de 1°15'53.7" W et une latitude de 34°52'11.3"N et elle se situe à 4.16 km de Barrage Meffrouche, son substrat est constitué d'algue, des bryophytes et éléments organiques grossiers (litière, branchages, feuille morte) ses eaux ont une vitesse moyenne avec un débit de 1,08 et une couleur claire ce qui permet la transition de la lumière depuis la surface de l'eau jusqu'au fond.

Les berges de la station sont bordées de forêts denses de chênes verts (*Quercus ilex*) et de pins d'Alep (*Pinus halepensis*), offrant un habitat naturel pour une variété d'oiseaux et de petits mammifères. Les arbustes typiques de la région comprennent le lentisque (*Pistacia lentiscus*), le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) et le thym (*Thymus vulgaris*).

1.3.2 Station S2 :

La station se localise à une longitude de 1°17'12.4"W et une latitude de 34°55'43.3"N altitude de 550 m et elle se situe à 13.48 Km de Barrage Meffrouche son substrat est composé de sédiments organiques fins, créant une texture vaseuse. Les eaux de la station s'écoulent à une vitesse relativement faible à moyenne, la couleur sombre de l'eau, résultant de la concentration élevée de matière en suspension.

Elle se trouve dans une région fortement urbanisée, à l'aval de la zone industrielle et au pont de la route qui relie Chétouane à Ouzidane. Cette station reçoit toutes leurs eaux résiduaires. Les arbres et la végétation naturelle sont rares, remplacés par des aménagements humains tels que des routes et des bâtiments.

1.3.3 Station S3 :

La station se localise à une longitude de 1°19' 21.9"W et une latitude de 35°00'20.6"N altitude de 237 m elle se situe à 29.84 Km de Barrage Meffrouche son substrat est constitué des sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets, granulés) ses eaux ont une vitesse forte avec un débit de 1.92 ce qui lui rend une couleur trouble.

Elle se trouve dans une région plate et cultivée. La végétation naturelle a été largement remplacée par des cultures agricoles, principalement des céréales et des légumes. Les berges

de la station sont exposées et dénudées ils sont peu boisés et sont dominées par des graminées. La végétation arbustive se compose principalement d'espèces invasives avec peu d'arbres ou de buissons pour offrir une couverture et un abri pour la faune.

1.3.4 Station S4 :

La station se localise à une longitude 1°21' 38"W de et une latitude de 35°04' 51"N altitude de 133 m et elle se situe à 52.88Km de Barrage Meffrouche son substrat est constitué des sédiments minéraux grossie, de spermaphytes émergents et une fine constitution d'algue ses eaux ont unes vitesses fortes avec un débit de 2.02 avec une couleur peu claire.

Elle entourée d'un environnement principalement agricole, avec des cultures telles que des vergers d'agrumes et des champs de céréales. Cette zone est principalement constituée de galets et de graviers, elle a une forte pression anthropique, avec une présence provenant de l'agriculture, elle reçoit les eaux du barrage de Sikkak.

CHAPITRE II

MATERIELS ET METHODES

Echantillonnage et Méthodes d'étude

Les Echantillonnage d'eau de surface et de la faune benthiques ont été prélevés entre décembre 2022 et Mars 2023, périodes couvrant deux saisons différentes (hiver et printemps)

1 Analyse d'eau :

1.1 Mode de prélèvement d'eau :

L'eau de surface a été prélevée, dans des bouteilles en plastique et conservée à la température de 4 °C dans une glacière, Les bouteilles ont été remplies complètement, en s'assurant d'éliminer les bulles d'air

1.2 La Physico-chimique :

Les analyses physico-chimiques des échantillons d'eaux ont été réalisées à l'aide du spectrophotomètre DR5000 Hach au sein du laboratoire « LEGEN », à l'Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Les analyses ont été effectuées une heure après les prélèvements, portant sur la (Conductivité, Potentiel hydrogène, Oxygène dissous) De plus, dans les 24 heures suivantes, des analyses ont été réalisées pour mesurer les concentrations de (PO_4 , NO_2 , NO_3 , NH_4^+).

1.2.1 Température (°C) :

La température de l'eau a été relevée à l'aide d'un thermomètre électronique. Elle est exprimée en degrés Celsius (°C)

1.2.2 Conductivité (CE) :

La conductivité électrique est mesurée à l'aide d'un conductimètre et s'exprime en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

1.2.3 Potentiel hydrogène (pH) :

Le potentiel hydrogène, également appelé pH, est une mesure qui permet de déterminer le degré d'acidité ou de basicité d'une solution. Il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre

1.2.4 Oxygène dissous :

Oxygène dissous est mesuré à l'aide d'un oxymètre et exprimé en milligrammes par litre (mg/l).

1.2.5 Phosphate total :

Les phosphates peuvent avoir une origine naturelle, résultant de la décomposition de la matière vivante et de la contamination fécale, par exemple. Ils peuvent également être d'origine industrielle, provenant de l'utilisation de détergents, d'engrais et d'autres produits chimiques, les Phosphates ont été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre DR5000 Hach en se servant d'un kit LCK 348 (0.5 - 5.0 mg/l PO₄-P) (1.5 - 15.0 mg/l PO₄).

1.2.6 Ortho phosphates (PO₄) :

On retrouve cet élément également dans les engrais, les savons et sont également des résidus issus des activités humaines. Ils peuvent être transportés par les processus de lessivage et se déverser dans les cours d'eau. L'excès de phosphates dans les écosystèmes aquatiques peut entraîner un phénomène appelé eutrophisation, qui est caractérisé par une prolifération excessive de plantes aquatiques et une diminution de l'oxygène dissous, perturbant ainsi l'équilibre naturel de ces milieux (**Gangoux,1995**).

Les Ortho phosphates ont été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre DR5000 Hach en se servant d'un kit LCK 049 (5 - 90 mg/l PO₄).

1.2.7 Ammonium (NH₄⁺) :

Selon **Rodier (1996)**, la présence de cet élément dans l'eau indique un processus de dégradation de la matière organique incomplet.

D'après **Nisbet et Verneaux (1970)**, l'azote ammoniacal est principalement présent dans les zones riches en matières organiques en décomposition. L'azote ammoniacal dans les eaux de surface peut

provenir de sources telles que la matière végétale, la matière animale, les rejets industriels et les engrais, entre autres. Les Ammonium ont été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre DR5000 Hach en se servant d'un kit LCK 304 (0.015 - 2.0 mg/l NH₄-N) (0.02 – 2.50 mg/l NH₄).

1.2.8 Nitrates (NO₃) :

Les nitrates représentent la forme la plus oxydée de l'azote et leur concentration peut varier de 1 à 15 mg/l dans les eaux naturelles en fonction des saisons et de l'origine de l'eau. (**Nisbet et Verneaux,1970**).

Les Nitrates ont été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre DR5000 Hach en se servant d'un kit LCK 399 (0.23 - 13.50 mg/l NO₃-N) (1 – 60 mg/l NO₃).

1.2.9 Nitrites (NO₂) :

Les nitrites, étant instables, sont connus pour leur toxicité envers les macro-invertébrés benthiques. Leur origine peut être attribuée à l'activité industrielle, notamment l'utilisation de colorants. Les Nitrites ont été mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre DR5000 Hach en se servant d'un kit LCK 341 (0.015 - 0.6 mg/l NO₂ - N) (0.05 – 2.0 mg/l NO₂).

2 Analyse Faunistique :

2.1 Mode de Prélèvements faunistiques :

Les échantillonnages ont été réalisés dans la zone d'étude de l'Oued Sikkak, aux stations SS S3 et S4, pour deux saisons différentes à savoir en hiver décembre 2022 et au printemps mars 2023. Cependant, la station S2 n'a pas pu être échantillonnée en raison de contraintes sanitaires, d'hygiène et d'accès, ce qui a entraîné l'absence de prélèvements faunistiques.

Pour les prélèvements effectués, un filet suber a été utilisé, composé d'un cône en toile de nylon fin monté sur un cadre métallique. Le processus consistait à placer le filet au fond de l'eau et à récupérer tout le substrat délimité par le cadre situé devant le filet. Les cailloux présents dans

l'échantillon étaient frottés pour détacher les organismes vivants, tandis que le sable était remué ou enlevé pour un tri ultérieur. La surface échantillonnée correspondait à un carré de 30 cm sur 30.

2.1.1 Conservation de l'échantillon :

Les échantillons de macro-invertébrés benthiques ont été conservés dans des boîtes en plastique contenant de l'alcool à 95 degrés. Cette méthode de conservation permet de préserver les spécimens pour des analyses ultérieures et de maintenir leur intégrité morphologique.

2.1.2 Tri et Identification :

Au laboratoire, le tri des macro-invertébrés benthiques s'effectue directement sous une loupe binoculaire. Avant le tri, les échantillons sont soigneusement lavés pour éliminer les débris organiques et minéraux indésirables. La faune récoltée est ensuite placée dans des tubes à essai en plastique contenant de l'alcool à 95 degrés, qui sert de liquide de conservation. Les spécimens sont ensuite identifiés en utilisant la clé de détermination de Tachet et al. (1980), qui fournit des critères et des caractéristiques spécifiques pour identifier les différentes espèces de macro-invertébrés benthiques.

3 Méthodes statistiques :

3.1 Tests non paramétriques :

Nous avons étudié la variabilité spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux en utilisant les tests non paramétriques de Kruskal-Wallis. Ce test nous a permis de déterminer si les mesures physico-chimiques présentaient des différences significatives entre les stations sélectionnées et les deux périodes hydrologiques.

3.2 Indices biologiques :

Ils fournissent des mesures quantitatives de l'état écologique des cours d'eau en utilisant les communautés d'organismes benthiques. Ces indices prennent en compte la diversité des espèces, leur abondance et leur sensibilité à la pollution, ce qui permet d'obtenir une évaluation globale de la qualité de l'eau. En combinant les traitements statistiques et les indices biologiques, il est

possible d'obtenir une évaluation plus complète et plus fiable de l'impact de la pollution sur les communautés benthiques de l'oued Sikkak mais uniquement sur la période étudiée.

Un premier aspect de cette étude consiste à établir une liste faunistique complète des macro-invertébrés collectés. Cette liste permet de recenser tous les taxons présents et de comprendre l'impact de la pollution sur la diversité benthique de l'écosystème étudié.

L'évaluation de l'état du biotope, qui abrite ces communautés, repose sur l'analyse de la structure faunistique. Cette analyse permet de détecter les éventuelles dégradations, perturbations ou pollutions qui affectent l'écosystème. Afin de décrire au mieux la structure du peuplement benthique dans nos quatre stations d'étude, nous avons utilisé les indices mathématiques, les représentations graphiques et les indices de qualité les plus couramment utilisés en écologie. Ces outils nous permettent de visualiser et d'interpréter les données recueillies, ce qui facilite la compréhension de l'état de l'écosystème et de l'impact des facteurs environnementaux.

3.2.1 Indice de qualité : (Indice Biologique Global Normalisé IBGN)

Nous avons utilisé l'Indice Biologique Global Normalisé des réseaux de contrôle et de surveillance (IBGN) pour évaluer la qualité biologique. Cet indice se révèle être un outil efficace de surveillance intégrée pour évaluer l'état écologique du sous-bassin.

Le calcul de cet indice repose sur un tableau d'analyse qui combine la variété taxonomique (sur l'axe horizontal) et le groupe indicateur le plus sensible à la pollution (sur l'axe vertical). Pour déterminer le groupe indicateur, nous avons parcouru le tableau de haut en bas, de GI 9 à GI 1, en nous arrêtant à la première présence significative d'un taxon du répertoire en ordonnée, avec un seuil défini ($n \geq 3$ individus ou $n \geq 10$ individus) (AFE, 2000).

En utilisant cette approche, nous avons pu évaluer la qualité biologique de la zone d'étude en prenant en compte à la fois la diversité taxonomique et la présence des groupes indicateurs de pollution. L'IBGN fournit ainsi une mesure globale de la santé écologique de l'Oued Sikkak, en identifiant les impacts potentiels de la pollution sur les communautés biologiques présentes.

Tableau 4 : Calcul de l'IBGN (Archambault & Dumont, 2010)

Classe de Variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Richesse Taxonomique	50	42	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
		45	41	37	33	29	25	20	17	13	10	7	4	1
Groupe Faunistique Indicateur														
9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Très Bon	Bon	Moyen	Mauvais	Très Mauvais
20-17	16-13	12-9	8-5	4-1

Tableau 5 : Groupe Faunistique Indicateur (Archambault & Dumont, 2010)

Groupe Faunistique Indicateur	
Chloroperlidae, Perlidae, Perlodidae, Taeniopterygidae	9
Capniidae, Brachycentridae, Odontocéridae, Philopotamidae	8
Leuctridae, Glossosomatidae, Beraeidae, Goeridae, Leptoplébiidae	7
Nemouridae, Lepidostomatidae, Sericostomatidae, Ephemeridae	6
Hydroptilidae, Heptageniidae, Polymitarcidae, Potamanthidae	5
Leptoceridae, Polycentropodidae, Psychomyidae, Rhyacophilidae	4
Limnephilidae, Ephemerellidae, Hydropsychidae, Aphelocheiridae	3
Baetidae, Caenidae, Elmidae, Gammaridae, Mollusques	2
Chironomidae, Asellidae, Achètes, Oligochètes	1

3.3 Indices mathématiques

3.3.1 Indice de Shannon-Weaver :

L'indice de Shannon-Weaver est utilisé pour exprimer la diversité spécifique d'un peuplement étudié. Il mesure le nombre d'espèces présentes dans le peuplement et prend en compte à la fois l'abondance relative des espèces et leur répartition. Lorsque le peuplement est homogène, composé d'une seule espèce, l'indice de Shannon-Weaver est égal à 0, indiquant une faible diversité spécifique.

L'indice de Shannon-Weaver est un outil précieux pour évaluer la richesse et la variété des espèces dans un écosystème donné. Plus la valeur de l'indice de Shannon-Weaver est élevée, plus le peuplement est diversifié et présente une grande variété d'espèces. À l'inverse, une valeur faible de l'indice de Shannon-Weaver suggère une faible diversité spécifique et une prédominance d'une ou de quelques espèces.

En utilisant cet indice dans notre étude, nous avons pu évaluer la diversité spécifique des macro-invertébrés benthiques présents dans les différentes stations de l'Oued Sikkak. Cela nous a permis de mieux comprendre la composition et la structure de ces peuplements, ainsi que d'identifier d'éventuelles perturbations ou altérations de la biodiversité liées à la pollution ou à d'autres facteurs environnementaux.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i (\text{Log}_2 P_i)$$

Avec

S = nombre total d'espèces

pi = (ni/N), la proportion de l'espèce i dans le relevé.

ni = fréquence relative de l'espèce j dans l'unité d'échantillonnage

N = somme des fréquences relatives spécifiques

Log₂ = Logarithme népérien à base de 2.

3.3.2 L'indice d'équitabilité de Pielou :

Cet indice s'accompagne souvent avec l'indice de Shannon pour mieux discuter les résultats et nous permettent notamment de suivre les changements temporels d'un peuplement (c'est-à-dire l'ensemble des espèces d'un territoire donné partageant une écologie semblable). L'apparition d'une espèce invasive ou les pics d'opportunistes entraînent une baisse significative conjointe de H' et E . A l'inverse, un écotone (zone de transition écologique entre deux écosystèmes) ou un peuplement à l'équilibre présente des indices élevés. C'est pourquoi il faut prendre en compte ces deux indices de manière concomitante afin d'apprécier l'état d'un écosystème.

Sa formule correspond au rapport entre H' et H'_{\max} :

$$E = H' / H'_{\max} = H' / \log_2 S$$

S : Richesse spécifique.

\log_2 : Logarithme népérien à base de 2.

Cet indice varie donc entre 0 et 1. S'il tend vers $E = 1$, alors les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques. S'il tend vers $E = 0$, alors nous sommes en présence d'un déséquilibre où une seule espèce domine tout le peuplement.

3.3.3 Indice de Simpson :

L'indice de Simpson, également très utilisé en écologie, a pour formule

$$I_s = 1 / \sum P_i^2$$

S = nombre total d'espèces

$p_i = (n_i/N)$, la proportion de l'espèce i dans le relevé.

Il varie de 1 (une seule espèce présente) à S (toutes les espèces ont la même abondance). Aussi il convient de calculer parallèlement à cet indice, l'équitabilité E en se rapportant à la diversité I_s observée et la richesse spécifique S

CHAPITRE V


CONCLUSION

Cette étude contribue à mettre en évidence l'impact de la pollution sur la structure des communautés benthiques dans le sous-bassin du Sikkak.

Les résultats obtenus ont permis de dégager les conclusions suivantes :

- Les populations de macro-invertébrés benthiques présentent des variations dans leur composition et leur répartition d'une station à l'autre dans, l'oued Sikkak. Les pourcentages d'abondance calculés ainsi que les indices biologiques pour chaque station mettent en évidence des différences significatives entre la station de référence SS, située en amont des rejets domestiques et industriels de la ville de Tlemcen, où l'indice de diversité est élevé grâce à son éloignement des sources de pollution, et les autres stations S3 et S4 qui montrent des indices de diversité plus faibles. Ces résultats soulignent les variations dans les conditions environnementales, telles que la physico-chimie de l'eau, le type de substrat et la pression humaine, qui peuvent influencer la structure des populations de macro-invertébrés observées.
- Les Insectes se distinguent par leur grande diversité, avec l'ordre des Diptères étant le plus diversifié. En particulier, la famille des Chironomidae se révèle être la plus dominante et très abondante. En revanche, les Plécoptères, quant à eux, sont peu diversifiés et peu abondants en comparaison une plus grande abondance des Oligochètes dans la station S3 la plus impacté par la pollution.
- Il est également important de noter que certains taxons réapparaissent à la station S4 après avoir disparu à la station S3, tels que les Caenidae et les Baetidae qui sont une forme d'eau relativement propre, ainsi que les Ceratopogoninae, Suggérant une zone de restauration, avec un retour progressif à la qualité normale de l'eau et du peuplement animal initial.
- En comparant les notes de l'IBGN entre mars et novembre, on constate une amélioration des conditions environnementales, notamment une augmentation de l'oxygénation de l'eau. La note de l'IBGN en mars est plus élevée, ce qui indique une amélioration plus favorable par rapport à celle de novembre.

Le bassin versant d'oued Sikkak renferme une diversité plus riche qui mériterait d'être mieux explorée et protégée en prenant en compte la station SS comme référence.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGENCES FRANCAISES DE L'EAU (2000). Indice biologique global normalisé, guide technique.

ARCHAIMBAULT V., DUMONT B., (2010). L'indice Biologique Global Normalisé français (IBGN, Norme AFNOR NF T90 350, 2010) : ses principes et son évolution dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau

ANCTIL, F., ROUSSELLE, J., & LAUZON, N. (2012). Hydrologie : cheminements de l'eau. Deuxième édition. Presses inter Polytechnique, 2012 - 391 p.

BARBE, J. (1984). "Les végétaux aquatiques. Données biologiques et écologiques. Clés de détermination des macrophytes de France." Bulletin français de pisciculture, 1-4.

BABA HAMED K. (2001). Contribution à l'étude hydrologique de trois sous-bassins de la Tafna (bassin de Sebdou, de Mouilah et d'Isser). Thèse de Magister. Univ. Oran. 195p.

BELAIDI A. N. (1992). Etude de la salinité dans le bassin versant de la Tafna et son influence sur quelques organismes benthiques. Thèse de Magistère en écologie animale Hydrobiologie. Université de Tlemcen.

BENBOW M.E., BURKY A.J. & WAY C.M. (2003). Life cycle of a torrenticolous Hawaiian chironomid (*Telmatogeton torrenticola*): stream flow and microhabitat effects. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, 39, 103-114.

BEN MOUSSA A., CHAHLAOUI A., ROUR E. ET CHAHBOUNE M., (2014). Diversité taxonomique et structure du macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khouamane. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1) (2014) 198P.

BOUANANI, A. (2004). Hydrologie-Transport solide et modélisation : Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW algérien). Thèse Doc. Etat, Univ, Tlemcen. 250p.

BERRAHOU, A., CHAVANON, G., & RICHOUX, P. (2000). Études sur la Basse Moulouya (Maroc oriental) : 6. Les Coléoptères aquatiques de l'oued Zegzel. *Bull. mens. Soc. Linn. Lyon*, 69 (3), 44-50.

CLAVEL P., CUINAT R., HANON Y. et ROMANEIX C. (1977). Effets des extractions de matériaux alluvionnaires sur l'environnement aquatique dans les cours supérieurs de la Loire et de

l'Allier. Thèse 3 Cycle, VER. SC. Clermont Fr et Ingéniorat ESITPA, Le Vaudreuil conseil supérieur de la pêche (6è D.R) : 186p.

CEREGHINO R. (1992). Influences des variations artificielles du débit sur la faune.

CUINAT R. (1980). Rejets de matières en suspension par les exploitations de granulats dans la rivière Allier. Effets sur la vie aquatique. Proc. Of the technical consultation on "Allocation of Fishery ressources" (Vichy 1980) ; F.A.O. Rouie : 40-46.

DAKKIM. (1992). Étude nationale sur la biodiversité : faune aquatique continentale (invertébrés et poissons), Projet PNUE/ GEF/6105-92, 121p.

DAKKIM et ALGBANI.M. A (1983). Epheméroptères d'Afrique du Nord : 3. Elément pour la connaissance de la faune marocaine. Bull. Inst Sc, Rabat, 7, 115-126.

ESPARZA. A. (1996). Chimie Générale Biologie, Paris.

FOTO M.S., ZEBAZE T.S.H., NYAMSI T.N.L. ET NJINE T., 2010. Macro invertébrés benthiques du cours d'eau : essai de caractérisation d'un référentiel par des analyses biologiques. Euro Journal Publishing Inc, Vol.43 No.1 ; 106p.

HIGLER L.W.G. (2009). Biology and Biodiversity of River Systems in J.C.I. Dooge (Ed.), Fresh Surface Water. Vol. II (pp. 222– 231).

KAZI-TANI, L., GAOUAR, A. (2015). Ebauche cartographique des sols dans la région des Traras (NO de l'Algérie) Geo-Eco-Trop, 39(1), 67-86.

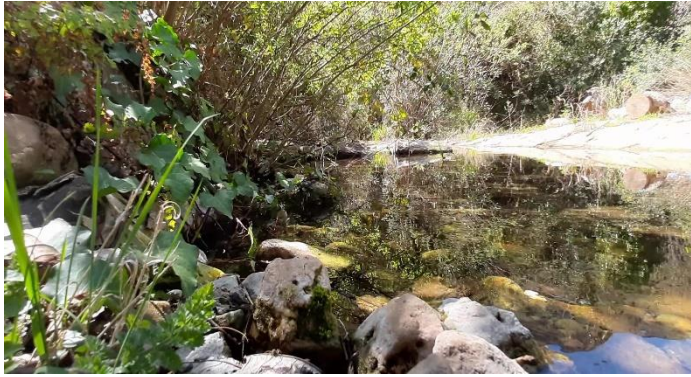
LOUNACI & DAOUDI (1996). Travaux sur la faunistique. L'écologie et la biogéographie des Insectes aquatiques du réseau hydrographique de Sébaou. Thèse Magistère. Univ Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 152p.

MATTE J.L., RIOU C., MANNE S. (2002). La qualité des cours d'eau Lorrains. Diren Lorraine AERM-CSP en 2001, 21p.

NISBET & VERNEAUX J. (1970). Composant chimiques des eaux courantes discussion et proposition de classes entrant en temp que base d'interprétation des analyses chimique. Annales Limnol, 190p.

- RODIÉR (1996).** L'analyse de l'eau. Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux de Mer. 8ème Edition Dunod, 1983, P.
- RODIÉR (2009).** L'analyse de l'eau. Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux de Mer. 9ème Edition Dunod, 1203P.
- ROUISSAT B. (2016).** Analyse systémique appliquée aux aménagements hydrauliques. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen, 260p.
- RICHARDS C., HOST G.E. & ARTHUR J. W. (1993).** Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwat. Biol.*, 29, 285-294.
- STRANDE, L., RONTRLTAP, M., & BRDJANOVIC, D. (2018).** Gestion des Boues de Vidange : Approche intégrée pour la mise en œuvre et l'exploitation. IWA Publishing, 167-168P.
- TATE C.M. & HEINY J.S. (1995).** The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwat. Biol.*, 33, 439-454.
- THOMAS.AGB. (1981).** Travaux sur la taxonomie, la biologie et écologie des insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae, et Athéricidae) avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier, Toulouse, 330p.
- TOWNSEND C.R., HILDREW A.G. (1994).** Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, 31(3), 265–275.
- ZOUGGAGHE. F & MOALI. A (2007).** Variabilité spatio-temporelle des macro-invertébrés Benthiques du bassin versant de la Soummam. Université de Béjaia, Algérie, ECO-32

Station SS



Station S2



Station S3



Station S4



Prélèvement des macroinvertébrés benthiques



Tri et identification des macroinvertébrés benthiques



Dosage des paramètres chimiques (NO_3 , NO_2 , NH_4 , PO_4)

