

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Ecologie et environnement

Laboratoire de recherche Valorisation des actions de l'homme pour la protection de
l'environnement et application en santé publique

Mémoire

Présenté par

BOUKHARI Asma

Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie animale

Thème

Evaluation de la contamination des invertébrés
par les hydrocarbures aromatiques polycycliques
(HAP) dans trois stations en aval de la Tafna

Soutenu le 28 /09/2022, devant le jury composé de :

Présidente : Mme BOUKLI HACENE Samira	MCA	Université de Tlemcen
Encadrant : ABDELLAOUI HASSAINE Karima	Pr.	Université de Tlemcen
Examinatrice : KAID SLIMANE Nacéra	Pr.	Université de Tlemcen

- Année universitaire 2021-2022-

Remerciements

Tout d'abord, je voudrais exprimer ma sincère gratitude à mon encadreur Mme ABDELLAOUI née HASSAINE Karima pour avoir accepté de m'encadrer.

Je tiens à remercier sincèrement et particulièrement les membres du jury : Mme Boukli Hacène Samira M.C.A. à l'université de Tlemcen, d'avoir accepté de présider ce jury et Mme KAID SLIMANE née DALI YOUCEF Nacéra Professeur à l'université de Tlemcen qui a bien voulu accepté d'examiner ce mémoire.

Mes remerciements sont adressés aussi à :

Mr ZIANI CHERFI Chawki, Professeur à l'université de Tlemcen, pour son orientation et de m'avoir effectué l'analyse par RMN, au laboratoire du centre de recherche scientifique et technique en analyse physicochimiques (CRAPC), université de Tlemcen.

Mr GHALEM SAID, Directeur de laboratoire à l'université de Tlemcen, de m'avoir donné son accord pour pratique de l'analyse UV-visible, au laboratoire substances naturelles et bioactives (LASNABIO).

Dr. Dekkak soumia et Mlle Senouci Nassira pour leur déplacement sur terrain, ainsi que pour leurs aide, conseils et informations importantes.

L'Ingénieur de laboratoire de catalyse et synthèse en chimie organique (LCSCO), université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen, d'avoir accepté de m'effectuer l'analyse de HPLC. Comme je remercie les ingénieurs du laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement.

Qu'il me soit permis de remercier tous ceux et celles qui, grâce à leurs participation directe ou indirecte, m'ont aidé à mener à terme ce travail.



**« Je dédie ce mémoire
à tout scientifique soucieux de
protéger son environnement »**

Sommaire

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique.....	4
I.1. Les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP)	4
I.1.1. Généralités	4
I.1.2. Les principales sources	5
I.1.3. Propriétés	6
I.1.4. Effets des HAP chez les organismes vivants	7
I.1.4.1. Bioaccumulation.....	7
I.1.4.2. Les bio-accumulateurs	8
I.1.5 Rôle du Substrat	9
I.1.6. Réglementation.....	10
I.2. Les groupes d'invertébrés sentinelles.....	10
I.2.1. Les Éphéméroptères	11
I.2.2. Les Chironomes.....	14
I.2.3. Les Trichoptères.....	17
Chapitre II : Matériel et méthodes	23
II.1. Présentation des sites d'étude	23
II.1.1 Géographie du bassin versant de la Tafna	23
II.1.2 Hydrographie du bassin.....	24
II.1.2.1 La Haute Tafna	24
II.1.2.2. La Moyenne Tafna	24
II.1.2.3. La Basse Tafna.....	26
II.1.3. Climatologie régionale	27
II.1.4. Description des stations étudiées	28
II.1.4.1 Station 01 Isser Remchi (IRE)	28
II.1.4.2. Station 02 Tafna Fatmi El Arbi (TPC)	28
II.1.4.3. Station 03 Béni Ghannem.....	29
II.2. Méthodologie	30
II.2.1. Travail sur terrain.....	30
II.2.1.1. Caractéristiques physiques.....	30
II.2.1.2. Prélèvement des échantillons des sédiments et d'eau	30

II.2.1.3. Prélèvement des spécimens benthiques.....	30
II.2.2. Travail au laboratoire	31
II.2.2.1. Dosage des paramètres physicochimiques	31
II.2.2.2. Détection des HAP	34
II.2.2.2.1 Préparation des analytes	34
II.2.2.2.2. Spectroscopie RMN (Résonance Magnétique Nucléaire)	35
II.2.2.2.3. Absorbance par UV- Visible.....	35
II.2.2.2.4 Chromatographie en phase liquide haute performance HPLC	36
Chapitre III : Résultats et interprétation	38
III.1. Paramètres physiques des stations	38
III.3. Détection des HAP.....	42
III. 3.1. Evaluation qualitative des HAP (s) par spectroscopie de Résonance magnétique nucléaire.....	42
III.3.2. Détection des HAP par HPLC /UV	43
III.3.3 Détection par Ultraviolet visible.....	45
Conclusion générale.....	50
Références bibliographiques	52

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : Devenir des HAP dans l'écosystème (Desalme, 2011).	5
Figure 2 : Liste des HAP généralement surveillés dans l'environnement	6
Figure 3 : Cycle de vie d'un éphéméroptère de larve	12
Figure 4 : Morphologie d'une larve d'éphéméroptères (Gattolliat, 2002)	14
Figure 5 : Cycle vital d'un Chironome	16
Figure 6 : Morphologie d'un Chironome (Bilard, 2001)	17
Figure 7 : Cycle de vie d'un Trichoptère	19
Figure 8 : Morphologie générale de l'Imago (O.P.I.E Benthos)	19
Figure 9 : Morphologie de la larve de Trichoptère (Faessel, 1985)	20
Figure 10 : Larves à étui	21
Figure 11 : Morphologie de la nymphe Trichoptère à étui	21
Figure 12 : Carte du réseau hydrographique de la Tafna (Benhadji, 2020)	26
Figure 13 : Station 1 Isser Remchi (IRE)	28
Figure 14 : Station 02 Pierre du Chat (TPC)	29
Figure 15 : Station Béni Ghannem	29
Figure 16: Trichoptères fixes sur galets	31
Figure 17 : Appareillage utilisés pour les analyses	32
Figure 18 : Préparation des spécimens des groupes	33
Figure 19 : Spectrophotomètre UV-visibles	36
Figure 20 : Dosage du standard naphthalène 1	44
Figure 21 : Injection de l'eau pure/station 01	44
Figure 22 : Injection extrait eau distillée sédiment/station2	44
Figure 23 : Absorbance et longueur d'ondes	45
Figure 24 : Courbe UV-visible extrait eau distillée/ sédiment des trois stations	46
Figure 25 : UV-visible extrait eau distillée/Chironomes au niveau de la station 01	47
Figure 26 :UV-visible extrait eau distillée/Trichoptère au niveau de la station 02	47
Figure 27 : UV-visible eau pure des trois stations	48

Liste des tableaux

Tableau 1 : Cordonnees géographiques et altitude des trois stations -----	23
Tableau 2 : Quantites prélevées par groupes sentinelles en grammes -----	34
Tableau 3 : Caractéristiques physiques des trois stations-----	38
Tableau 4 : Paramètres physico-chimiques enregistrés -----	39
Tableau 5 : Résultats obtenus par RMN, indiquant la presence des hydrocarbures aromatiques -----	43

Introduction

Introduction

La totalité des écosystèmes de la planète sont désormais affectés d'une façon ou d'une autre par le développement des sociétés humaines et les rejets agricoles, urbains et industriels peuvent mener à de hauts niveaux de pollution dans les écosystèmes marins côtiers (Adamo et al, 2008 ; Rao et al, 2007 ; Smolders et al, 2003). Les rejets d'origine urbaine, agricole et industrielle altèrent les communautés et affectent les organismes qui les composent (Boening, 1999 ; Viaroli et al, 2005 ; Warwick, 2005).

Depuis la révolution industrielle, les teneurs de polluants résultants des processus anthropiques n'ont cessé d'augmenter, en raison des besoins énergétiques croissants de l'homme. Parmi ces polluants, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupent un ensemble très vaste de composés organiques constitués de deux à sept cycles aromatiques.

Ils sont quotidiennement présents dans notre proche environnement. L'attention particulière qu'on leur accorde provient de leur action cancérigène reconnue chez certains animaux et soupçonnée chez l'homme (Roussel, 2002).

Il a été largement démontré que les HAP, pouvaient se retrouver en concentration plus importantes dans des organismes aquatiques que dans le milieu environnant (Bachelot, 2010). Ces organismes dits sentinelles peuvent être des algues, des moules, des poissons et des invertébrés. Certaines espèces sont plus sensibles que d'autres et nécessitent des conditions particulières pour se maintenir dans leur milieu naturel. Lorsque les conditions du milieu naturel sont altérées, par exemple dans le cas de contamination par des polluants, ces espèces peuvent être affectées de plusieurs façons reflétant ainsi le débalancement des conditions initiales du milieu naturel. De telles espèces sont appelées également indicateurs biologiques (ou indicateurs écologiques) en raison de leur capacité à caractériser l'état d'un écosystème soumis à un stress environnemental, ainsi qu'à permettre de détecter ou prévoir des changements significatifs pouvant survenir à l'intérieur de ce même écosystème (Kaiser, 2001 ; Sammarco et al., 2007).

Un bioindicateur peut être défini comme une espèce qui, par son absence, sa présence, son abondance ou sa distribution, nous donne des informations de nature qualitative sur l'état d'un environnement ou d'une partie de celui-ci (Kaiser, 2001 ; Markert et al., 2003).

Puisque ces organismes sont en lien direct avec la qualité de l'eau et la qualité de leur habitat, ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Cet indicateur biologique est un outil de diagnostic utile pour l'analyse des bassins versants.

Le présent travail vise à détecter la présence des HAP dans trois niveaux différents : l'eau, les sédiments et la composante biotique.

Notre choix a porté sur des organismes filtreurs (Bemmouat Dekkak, 2022), vivants au contact direct avec le sédiment, à savoir les Ephéméroptères, les Trichoptères et les Diptères Chironomes. Ces trois groupes constituent de très bons bioindicateurs de la qualité des eaux de surface.

A notre connaissance, aucune recherche n'a été menée sur la bioaccumulation des HAP chez les organismes vivants dans les eaux du bassin versant de la Tafna. La plupart des travaux ont porté sur les nutriments (sels minéraux et oligo-éléments) ou les métaux lourds. Le risque de pollution des eaux de surface du bassin versant de la Tafna par les hydrocarbures est un risque environnemental inconnu à ce jour.

Il s'agit d'une étude préliminaire qui s'inscrit dans le cadre des activités de recherche du laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique. Comme il répond aux interrogations portant sur l'état de santé des hydrosystèmes de l'Ouest algérien.

Le mémoire est structuré de manière classique, il comporte :

- Un premier chapitre correspondant à des données bibliographiques qui englobent des généralités sur les HAP, le phénomène de bioaccumulation des polluants chez les organismes vivants et les impacts sur les invertébrés benthiques dans une première partie puis la présentation de la biologie et l'écologie des trois groupes sentinelles choisis à savoir les Ephéméroptères, les Trichoptères et les Chironomes.
- Le second chapitre correspond à matériel et méthodes où sont détaillées les techniques utilisées aussi bien sur terrain qu'au laboratoire. La première partie repose sur la description des stations de la basse Tafna (situation géographique, hydrologie, données climatiques). Dans la seconde partie, sont décrites avec précision les techniques utilisées pour la réalisation des prélèvements, la préparation des échantillons « analysats », les analyses physico-chimiques et les techniques de détection des HAP au niveau des sédiments, des tissus biologiques et de l'eau.
- Dans le chapitre Résultats et interprétation, est regroupé l'ensemble des informations recueillies sur terrain et au laboratoire portant sur les caractéristiques physiques et physicochimiques des eaux à un niveau stationnel d'une part et les résultats de détection par les trois méthodes d'autres part. Les résultats interprétés sont suivis d'une conclusion générale qui clôture ce modeste travail.

Chapitre I: Synthèse bibliographique

Chapitre I: Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP)

I.1.1. Généralités

Les HAP correspondent à une famille de composés chimiques constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène dont la structure des molécules comprend au moins deux anneaux aromatiques fusionnés, chacun composé de cinq ou six atomes de carbone. Ce sont des contaminants produits par la combustion incomplète de la matière organique.

Cette famille de polluants organiques comprend une centaine de substances qui diffère entre elles par le nombre d'anneaux et leur position respective. Ces hydrocarbures doivent leur toxicité au noyau benzénique qui est à la base de leur structure, certains sont faiblement toxiques, alors que d'autres, comme le benzo-(a)-pyrène, sont des cancérigènes reconnus depuis plusieurs années. En fait, plus d'une dizaine de molécules de HAP sont reconnues comme cancérigènes chez les animaux dont le phénanthrène, l'anthracène, le pyrène, le benzo-(a) -pyrène, le fluoranthrène (Nicolas, 2005).

Les HAP sont des contaminants ubiquistes qui se retrouvent aussi bien au niveau atmosphérique, qu'au niveau terrestre et dans le milieu aquatique (Nicolas, 2005).

Les HAP sont des composés ubiquistes présents dans tous les compartiments environnementaux : atmosphère, colonne d'eau, sédiment, sols (Fig. 1). Cette large distribution est due à leur grande stabilité et multiplicité de sources. Leur distribution dans l'environnement résulte de multiples processus abiotiques et biotiques, contrôlés par leurs propriétés physico-chimiques : volatilisation, transport à longue distance, dépôt atmosphérique, adsorption sur les particules, sédimentation, bioaccumulation, activités microbiennes, oxydation chimique et photo-oxydation (Crespo,2009)

Ils se caractérisent par leur forte hydrophobicité liée à la présence de noyaux aromatiques, ces molécules s'adsorbent fortement aux matières particulaires rendant leur élimination et/ou leur transformation par réaction chimique difficile (Gabets, 2004)

Les HAP sont considérés comme des polluants organiques persistants en raison de leur structure chimique stable et de leur résistance inhérente à la décomposition biotique et abiotique (Baniemam et al., 2017).Ils pénètrent dans le milieu naturel à des concentrations ou dans des conditions qui ont ou peuvent avoir un effet défavorable sur l'environnement. D'importantes quantités d'HAP proviennent de diverses sources et sont libérées dans l'environnement chaque année (Mc Elroy et al.,1989).

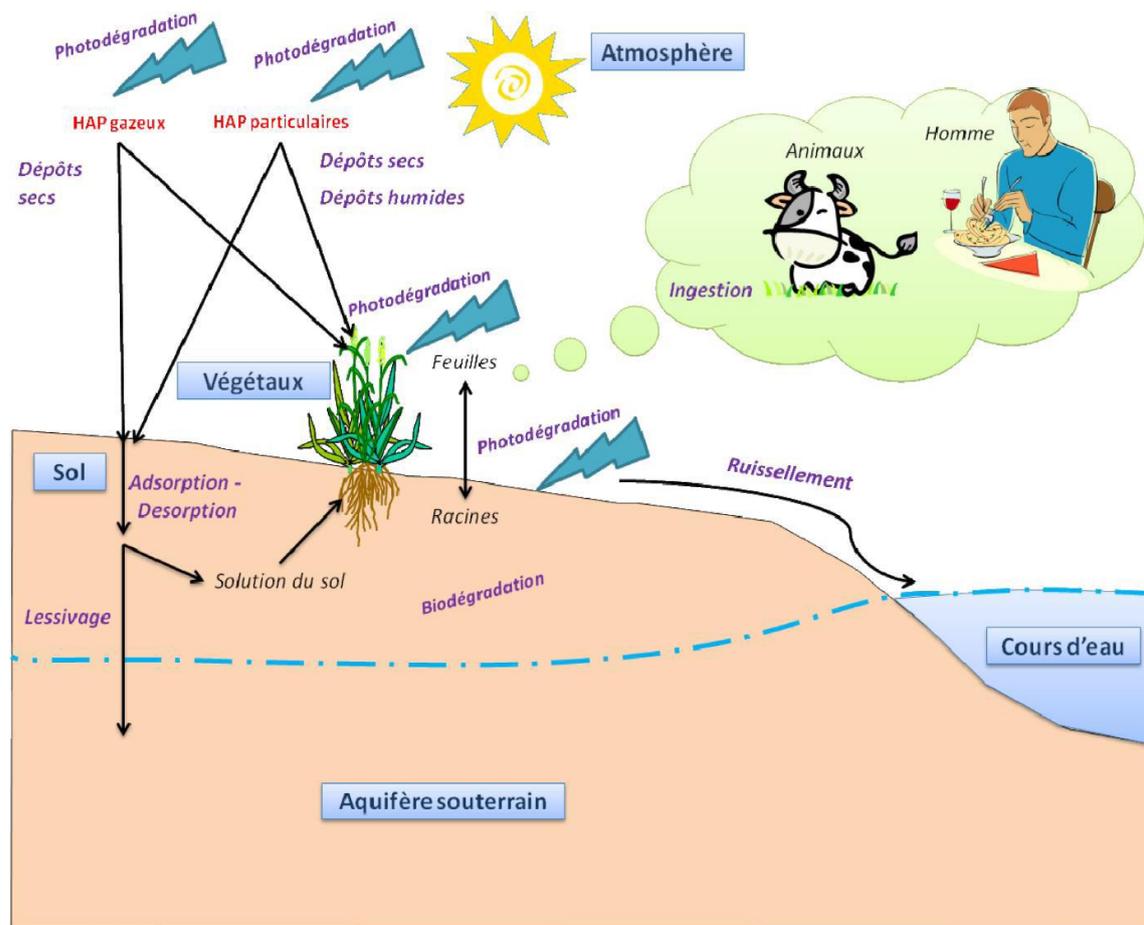


Figure 1 : Devenir des HAP dans l'écosystème (Desalme, 2011).

En général, Les HAP se fixent préférentiellement sur les particules et se concentrent plus dans les sédiments que dans d'autres espèces marines (Casas, 2007). Cependant, les niveaux des HAP dans les sédiments sont généralement plus élevés qu'en phase aqueuse (Karacik et al., 2009 ; Tolun et al., 2006).

I.1.2. Les principales sources

Tous les processus de combustion faisant intervenir des carburants organiques peuvent produire des HAP, les sources peuvent donc être d'origine naturelle (feux de forêt, activité volcanique) ainsi que d'origine anthropique. Les plus importantes de ces deux dernières sont la combustion incomplète de matières fossiles pour chauffer les résidences et pour le transport (gaz d'échappement des véhicules automobiles), l'incinération des ordures, la fusion réductrice de l'alumine pour la production d'aluminium, le craquage catalytique du pétrole brut ainsi que la liquéfaction et la gazéification du charbon (Nicolas, 2005).

Les sources de rejets de HAP dans l'eau et le sol sont diverses et comprennent les processus de dispersion de matières créosotées (Wan,1991,1993), les déversements d'hydrocarbures

accidentels, les précipitations et les dépôts atmosphériques, les procédés industriels (créosote, brai de goudron, asphalte et épandage des boues) (AMAI, 1986a,b; RDRC, 1987; Tecsalt, 1989; Vandermeulen, 1989), les effluents municipaux et l'élimination (enfouissement) de déchets contenant des HAP (Jackson et al., 1986; Van Coillie et al., 1990). Les HAP peuvent également atteindre les eaux souterraines ainsi que les eaux superficielles douces et marines par lixiviation à travers le sol, ainsi que par ruissellement en surface (Wakeham et al., 1980 ; Slooff et al., 1989 ; Wan, 1991).

I.1.3. Propriétés

Les HAP à faible masse moléculaire sont composés de moins de quatre anneaux aromatiques, ils sont relativement solubles dans l'eau, volatils et se lient peu aux particules.

Les HAP à masse moléculaire élevée sont composés de 4 anneaux et plus, sont peu solubles dans l'eau, non volatils et sont fortement adsorbés sur les matières particulaires sur lesquels ils sont transportés et se dégradent lentement (Mc Elroy et al., 1989). Parmi ces HAP, 16 d'entre eux sont couramment analysés dans les différentes composantes de l'environnement, selon les recommandations de l'Agence Américaine de l'Environnement (US EPA) (Fig. 2).

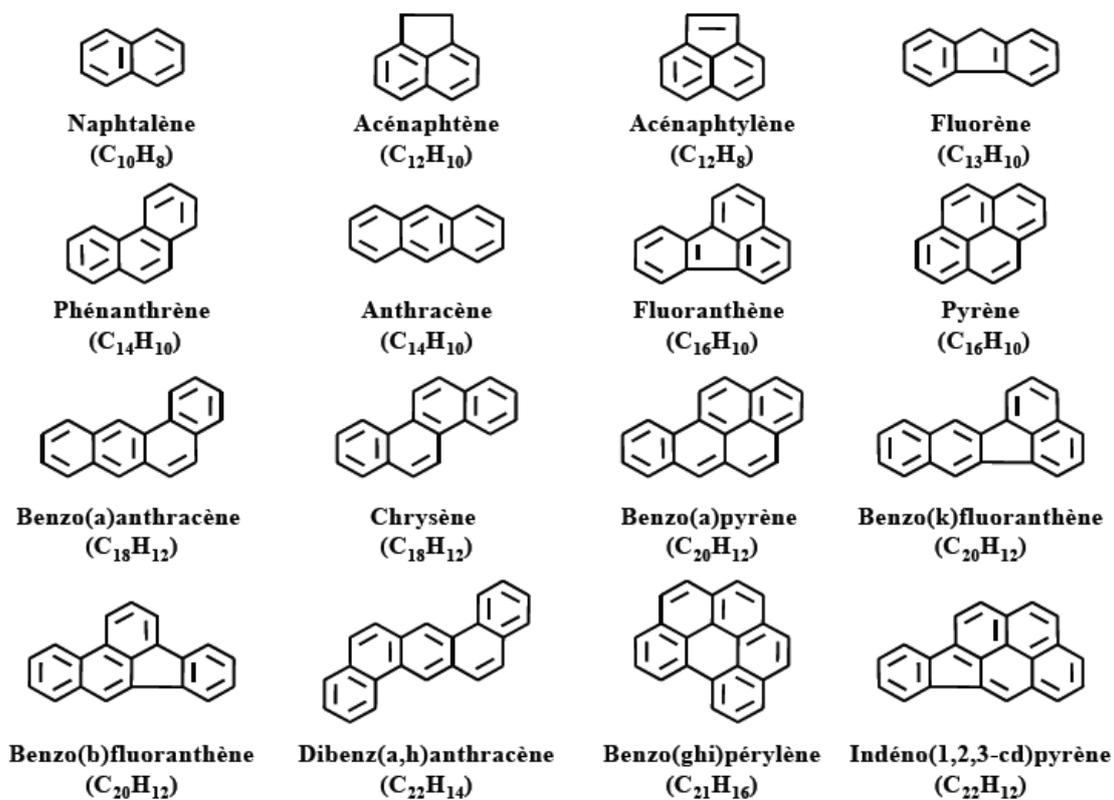


Figure 2 : Liste des HAP(s) généralement surveillés dans l'environnement selon les recommandations de l'US EPA (polluants prioritaires)

Les propriétés physicochimiques, en particulier la solubilité dans l'eau et la volatilité, sont très différentes suivant les HAP : à partir du naphthalène, hydrocarbure à deux cycles aromatiques que l'on peut considérer comme moyennement solubles (32 mg.l^{-1}), la solubilité décroît rapidement avec le nombre de cycles aromatiques (on passe du mg.l^{-1} au $\mu\text{g.l}^{-1}$). Il en va de même pour la volatilité.

Les propriétés toxicologiques sont également très différentes selon les HAP : 03 HAP sont classés par le centre international de recherche contre le cancer comme cancérigènes probables pour l'homme (benzo-(a) pyrène, benzo(a)anthracène, dibenzo(a,h)anthracène) et 03 sont classés comme cancérigènes possibles pour l'homme (benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indéno(c,d)pyrène). Les autres HAP ne sont pas classifiés (groupe 3) ou n'ont pas été évalués.

Le risque de cancer lié aux HAP (Roussel, 2002) est certainement l'un des plus anciennement connus, depuis la description des cancers de la peau et du scrotum des ramoneurs.

I.1.4. Effets des HAP chez les organismes vivants

Lorsqu'ils sont dans le sédiment, les phénomènes de remises en suspension, de bioturbation, et de diffusion, les rendent susceptibles d'être ingérés par les divers organismes benthiques et pélagiques. Les animaux aquatiques sont donc de bons organismes sentinelles pour le suivi d'une contamination par les HAP. De plus, dans les organismes, par leur faible solubilité et leur affinité pour les lipides, les HAP ont tendance à s'accumuler dans les tissus biologiques riches en lipides. Les HAP peuvent donc être bioaccumulés par les organismes et ainsi rentrer dans les réseaux trophiques où ils pourront éventuellement être bioamplifiés (Ramade, 1992 ; Albers et al., 1995 ; Grundy et al., 1996a et b ; Wootton et al., 2003). De ce fait, de nombreuses espèces sont touchées et en particulier les espèces endobenthiques ou épibenthiques se nourrissant à la surface du sédiment, tels les poissons plats, certains annélides ainsi que certains mollusques bivalves (Law et al., 1999).

I.1.4.1. Bioaccumulation

Le mode d'alimentation (filtreur, déposivore, prédateur carnivore/herbivore) est également un facteur important qui détermine le degré d'accumulation des HAP, à l'instar des caractéristiques du biotope, des sources et de la teneur lipidique des tissus (Burgess et al., 2003 ; Crespo, 2009). Les organismes déposivores semblent avoir un potentiel d'accumulation plus important que les organismes filtreurs potentiellement lié à une plus grande capacité d'ingestion (Burgess et al ; 2003).

La bioaccumulation des HAP concerne principalement les organismes invertébrés lesquels ne possèdent que de faibles capacités de métabolisation (Varanasi et al., 1985). Les molécules

bioaccumulés peuvent toutefois être remobilisées lorsque l'organisme est amené à puiser de l'énergie dans ses réserves (Bruner et al., 1994).

Plusieurs éléments poussent à s'intéresser à l'étude de ces substances dites bio-accumulables. Tout d'abord, les organismes qui bio-accumulent peuvent être utilisés pour étudier la contamination environnementale. Ensuite, la consommation d'organismes contaminés comme les poissons ou les mollusques peut exposer le consommateur à des doses importantes de contaminants. Enfin, la réponse d'un organisme à une substance toxique dépend de la quantité de cette substance qui atteint l'organe ou le tissu cible (Bachelot, 2010).

Beaucoup de facteurs peuvent moduler la présence d'un composé chimique dans l'environnement. Un composé toxique peut être immobilisé sur des particules, transformées par des bactéries (par exemple), incapable de traverser les membranes biologiques pour qu'il soit absorbé par les individus et être accumulé (Minier et al., 1998).

Ceci illustre l'importance de la biodisponibilité, traduisant la portion de contaminants introduite dans l'organisme. Une des approches permettant d'estimer la biodisponibilité est le dosage chimique de ces composés dans les tissus.

En général, les niveaux et les caractéristiques de la contamination organique peuvent dépendre de plusieurs facteurs : Facteurs biologiques, chimiques et environnementaux (Yunker et al., 2002).

Du fait des sources multiples de HAP et de leur ubiquité, ils sont généralement présents dans l'environnement sous forme de mélanges complexes (Burgess et al., 2003)

I.1.4.2. Les bio-accumulateurs

Les bio-accumulateurs sont des organismes ayant la capacité d'accumuler certains contaminants présents dans l'environnement dans des proportions nettement supérieures à celles du milieu naturel (Kaiser, 2001). Il existe deux principaux phénomènes responsables de la bioaccumulation de contaminants par les organismes : la bioconcentration et l'amplification. La bioconcentration est le transfert direct des substances à partir du milieu ambiant (eau, sédiments, etc.) vers les tissus et les organes (Adamo et al., 2008 ; Markert et al., 2003).

L'amplification est le résultat du transfert des contaminants le long des différents niveaux de la chaîne alimentaire (Adamo et al., 2008 ; Kaiser, 2001). La bioaccumulation de substances toxiques peut entraîner chez certains organismes des modifications du comportement, de la structure des populations et des processus métaboliques ainsi que des changements au niveau morphologique, histologique et cellulaire (Kaiser, 2001). La capacité des bio-accumulateurs à concentrer des substances toxiques et à développer des réactions observables en font des outils

particulièrement utiles pour l'évaluation et le suivi des milieux contaminés par des micropolluants, c'est-à-dire des substances pouvant avoir des effets toxiques à très faible concentration (Kaiser, 2001).

Les consommateurs primaires sont habituellement des bioaccumulateurs plus efficaces que les consommateurs secondaires. Leur régime alimentaire étant principalement constitué de nourriture à faible valeur énergétique, ils doivent par conséquent en consommer de grandes quantités favorisant ainsi l'absorption des substances toxiques présentes dans le milieu (Markert et al., 2003). Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les espèces à faible 8 durée de vie car il est vrai que certains grands prédateurs occupant le sommet de la chaîne alimentaire et pouvant vivre durant de nombreuses années peuvent également accumuler de grandes quantités de matière polluante au cours de leur existence (Markert et al., 2003).

Les meilleurs bio-accumulateurs sont ceux qui, avant même que les autres espèces soient affectées, accumulent les contaminants en quantité suffisante pour qu'ils puissent être détectables jouant ainsi un rôle de signal d'alarme pour l'ensemble de l'écosystème (Burger et al., 2006). Cependant, pour une même espèce, l'accumulation de contaminants est influencée par plusieurs facteurs biologiques (âge, sexe, taille, génotype, nutrition, reproduction) et physico-chimiques (carbone organique, oxygène dissout, dureté de l'eau, température, pH, type de sédiment, paramètres hydrodynamiques du système). Il est donc important de considérer ces facteurs lorsque vient le temps d'interpréter des résultats obtenus lors d'études environnementales (Oehlmann et Schulte-Oehlmann, 2003).

I.1.5 Rôle du Substrat

Le substrat constitue le support fondamental des macro- invertébrés benthiques. Il joue un rôle important dans leur répartition. Ils sont strictement liés pendant la phase immature à la nature du substrat (Haouchine, 2011).

Le cours d'eau étudié présente une grande diversité d'habitats de l'amont à l'aval. La granulométrie est assez hétérogène. Elle est composée essentiellement de rochers, galets, sable et limons. Les mousses et les végétaux sont considérés comme ressource trophique, support inerte et abris. Au niveau des stations d'altitude, le substrat est à dominance de gros galets et de graviers. En piémont et basse altitude, le substrat est plus hétérogène. Il est composé de galets, graviers, sables, limons avec présence de matière organique et de végétation aquatique. Dans sa partie terminale, le substrat de la Tafna est de type déposé formé essentiellement de vase.

I.1.6. Réglementation

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE (DCE), adoptée par le Parlement européen le 23 octobre 2000, fixe l'objectif d'atteindre un « bon état » chimique et écologique des eaux superficielles (intérieures, côtières et de transition) et un bon état chimique et quantitatif des eaux souterraines à l'horizon 2015. La DCE vise également un arrêt de la détérioration des eaux, ainsi que la suppression ou la diminution de rejets des substances polluantes, dont 33 sont classées prioritaires.

D'autre part, le règlement REACH (« Registration, Evaluation and Autorisation of Chemicals », soit « enregistrement, Evaluation et Autorisation des produits chimiques »), qui vient d'être adopté par le Parlement européen le 13 décembre 2006, impose, entre autre, d'évaluer les risques toxicologiques et éco-toxicologiques liés à l'utilisation et à la présence dans l'environnement des substances chimiques nouvelles et existantes, produites ou importées en quantité supérieure à une tonne par an (Edwige, 2007).

L'Algérie adopte la loi 03-10 du 19 Juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Cette loi vise à compléter les lois Algériennes déjà en vigueur dans le domaine de l'environnement, lesquelles incitent à la protection des eaux souterraines. Elle fixe un objectif ambitieux de bon état de la qualité des eaux en Algérie au futur.

Actuellement, il n'existe pas une réglementation Algérienne fixant les normes admissibles des hydrocarbures dans les sols et dans les cours d'eau.

I.2. Les groupes d'invertébrés sentinelles

Il existe plusieurs approches pour évaluer la santé des cours d'eau. L'approche classique consiste à évaluer la qualité physico-chimique de l'eau. Il s'agit toutefois d'une approche qui ne permet pas de connaître l'état de santé des organismes vivant dans le milieu aquatique.

Pour ce faire, il faut faire appel à des indicateurs biologiques. Parmi ceux-ci, les macro-invertébrés benthiques sont les organismes les plus couramment utilisés. Les macro-invertébrés benthiques constituent les organismes les plus performants et les plus utilisés pour réaliser un éco-diagnostic des milieux aquatiques (Bebba, 2017).

Les macro-invertébrés benthiques sont des organismes visibles à l'œil nu, tels les insectes (larve, nymphe, adulte), les mollusques, les crustacés, les vers, etc., qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de l'état de santé global des écosystèmes aquatiques. Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Moisan et al., 2010).

Pour ce travail, les trois groupes retenus pour évaluer la contamination par les HAP sont des polluo-tolérants les plus dominants dans la partie avale de la Tafna (Yadi, 1991 ; Benhadji, 2020 et Bemoussat-Dekkak, 2022).

Ces trois groupes zoologiques jouent un rôle important dans la structure et le fonctionnement des biocénoses ; ils sont présents dans des milieux différents ; ils présentent un cycle de vie assez court (quelques semaines) ; leur régime alimentaire est de type filtreur, -brouteur ; ils vivent au contact direct avec le sédiment.

Les organismes présentant ces critères sont à la base de tests et bioessais normalisés au niveau français (normes AFNOR) ou européen (normes OCDE). Ils renferment de très nombreuses espèces répondant parfaitement aux critères des espèces sentinelles.

I.2.1. Les Éphéméroptères

L'ordre des Éphéméroptères est l'un des principaux groupes des macro-invertébrés benthiques, jouant un rôle clés par leur biodiversité et leur fonction dans le réseau trophique. Il est considéré comme un matériel favorable dans l'estimation de la qualité biologique des eaux (Bauernfeind et Soldan, 2012 ; Gattolliat et al., 2015 ; Bebbat, 2015 ; Sellamet et al., 2016).

Les Éphéméroptères ou « mouches de mai » constituent l'ordre d'insectes le plus primitif parmi les insectes ailés connues (Masselot et Brulin, 1996 ; El Alami, 2002 ; Brulin, 2008 ; Zrelliet al., 2015 ; Bebbat, 2017). La brièveté de leur vie adulte de quelques heures à quelques jours selon les espèces est à l'origine du nom donné à ce groupe d'insecte (Jacquemin, 2001 ; Elouard et al., 2001 ; El Alami, 2002 ; Bebbat, 2017).

Leur appareil digestif se calque à la qualité de leur habitat ce qui fait d'eux de bons indicateurs du milieu. La variété de leurs branchies et leur adaptation à l'hydrodynamisme font partie de leurs caractéristiques majeures. Ils offrent ainsi une variété de choix d'étude durant leur cycle de vie. Ils constituent un maillon important dans le fonctionnement des hydro-systèmes, selon Elouard et al. (2001), une importante disparition des Éphémères des rivières conduirait à la perturbation de toute la structure des peuplements benthiques et plus encore les chaînes trophiques, car ils jouent un rôle essentiel dans la décomposition et la transformation des nutriments ou comme proies pour des prédateurs. Leur sensibilité aux perturbations du milieu et notamment aux pollutions leur confère une propriété de bioindicateurs (Elouard et al. 2001 ; Benhadji, 2020).

Les Éphéméroptères sont des insectes hémimétaboles (ptérygote, hétérométaboles) à métamorphose incomplète (Cédric et Gaëlle, 1999 ; El Alami, 2002 ; Brulin, 2007) dont les larves sont aquatiques et les adultes aériens. Ils sont considérés comme étant des insectes peu évolués ayant conservés des caractères primitifs tels que la présence d'expansion trachéo-

branchiales au niveau de l'abdomen (El Alami, 2002 ; Bebba, 2017) et un stade intermédiaire entre l'état larvaire et le stade adulte. Ce stade est considéré comme un cas unique dans toute la classe des insectes (sub-imago) (Gattolliat, 2015 ; Bebba, 2017).

L'Ordre Ephemeroptera (Hyatt & Arms, 1891) se présente selon la classification complète qui apparaît comme suit (<https://inpn.mnhn.fr/>) :

Règne : Animalia Linnaeus, 1758

Sous-Règne : Eumetazoa Bütschli, 1910

Infra-Règne : Protostomia Grobben, 1908

Phylum : Arthropoda Latreille, 1829

Sous-Phylum : Pancrustacea Zrzavý & Štys, 1997

Infra-Phylum : Altocrustacea Regier, Schultz, Zwick, Hussey, Ball, Wetzer, Martin & Cunningham, 2010

Classe : Hexapoda Blainville, 1816

Sous-Classe : Insecta Linnaeus, 1758

Infra-Classe : Pterygota Brauer, 1885

Ordre : Ephemeroptera Hyatt & Arms, 1890

Selon les travaux de Behadji (2019 ; 2020), deux espèces sont fortement abondantes en aval de la Tafna le Caenidae *Caenis luctuosa* et le Baetidae *Baetis pavidus*. Ces deux espèces sont fortement tolérantes aux fortes pollutions là où la conductivité est très élevée (Behadji, 2019).

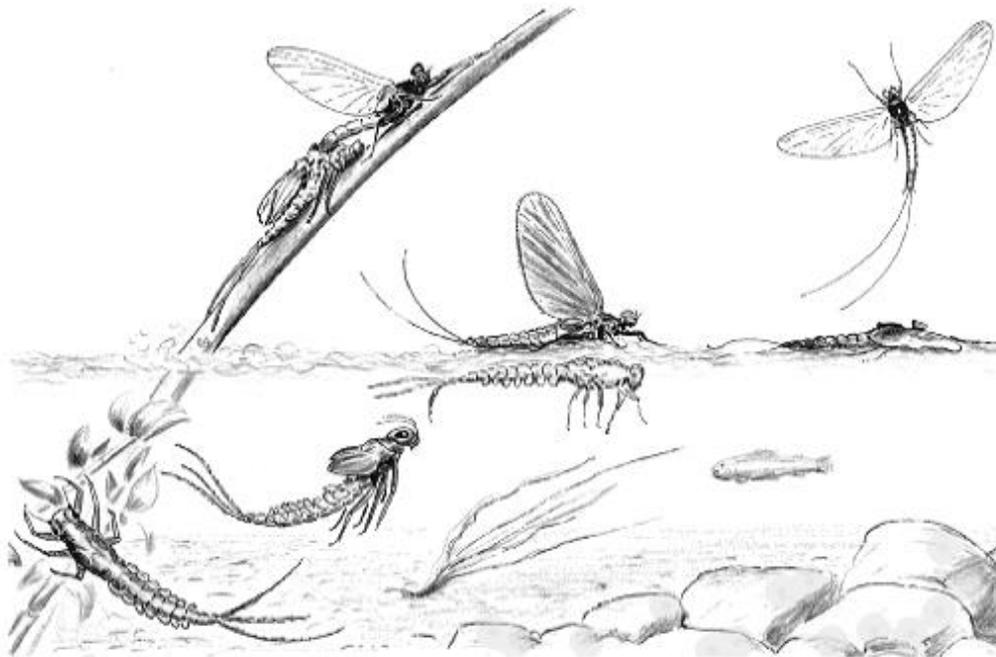


Figure 3 : Cycle de vie d'un éphéméroptère de larve
(<http://lesmoucheurnantais.free.fr>)

Le cycle biologique des Ephemeroptères regroupe quatre stades : deux aquatiques (l'œuf et la larve) et deux aériens (Le subimago et l'imago).

Le stade larvaire dure plus longtemps (allant de trois à quatre semaines à plus de deux ans (Hyatt & Arms, 1891). D'après Macan (1979 et Clifford (1981), le cycle de vie des éphéméroptères répond à certains critères liés aux nombres de générations, la durée de développement des œufs et les taux de croissance larvaire dont la température est le principal régulateur, la nourriture et de la vitesse du courant pouvant également exercer une influence sur la modification de ces taux (Brittain & Sartori, 2003).

La majorité des espèces d'Ephemeroptère produisent entre 500 et 3000 œufs. Dans l'eau, la vie de l'éphémère commence par un œuf. La forme des œufs varie d'une forme ovoïde à à-peu-près rectangulaire et la longueur est globalement comprise entre 150 et 200 µm (Brittain, 1982).

La durée de la période de développement des œufs varie d'une semaine à près d'un an, l'éclosion se produit, en général, à des températures allant de 3°C à 21°C, sa réussite peut être de plus de 90% chez plusieurs espèces Baetis et Hexagenia ou à moins de 50% pour les Heptageniidae.

Dans le milieu aquatique, l'éphémère peut être appelé larve au cours des premiers stades de développement, dès l'apparition des fourreaux alaires, on peut passer au terme de nymphe. Le corps de la larve divisé en trois parties se caractérise par une tête dotée de deux yeux composés et situés soit latéralement ou dorsalement près de la marge postéro-latérale de la tête et accompagnés de trois ocelles. En dessous des yeux, on trouve deux antennes qui peuvent mesurer la moitié ou plus du double de la capsule céphalique, elles sont composées, de la base vers l'apex, du scape, du pédicelle et du flagelle. Les pièces buccales généralement de type broyeur, sont disposées sous cette dernière (Elouard et al., 2001).

Le thorax est composé d'un prothorax très étroit, d'un large mésothorax et d'un métathorax moyennement développé. Les trois paires de pattes thoraciques dont les tarsi sont entiers munis d'une griffe unique, chaque patte est constituée par un coxa, un trochanter, un fémur, un tibia et un tarse. Plus la larve est proche de sa maturité, plus ces fourreaux alaires s'allongent et s'assombrissent à l'approche de l'émergence (Elouard et al., 2001).

L'abdomen est constitué de dix segments formés dorsalement par les tergites et ventralement par les sternites dont le dernier constitue les deux paraprotectes, les tergites portent dans certains cas des épines ou des tubercules. La forme des angles postéro-latéraux comme celle de la marge distale des tergites peut constituer un caractère taxonomique et donc un moyen d'identification (Elouard et al., 2001).

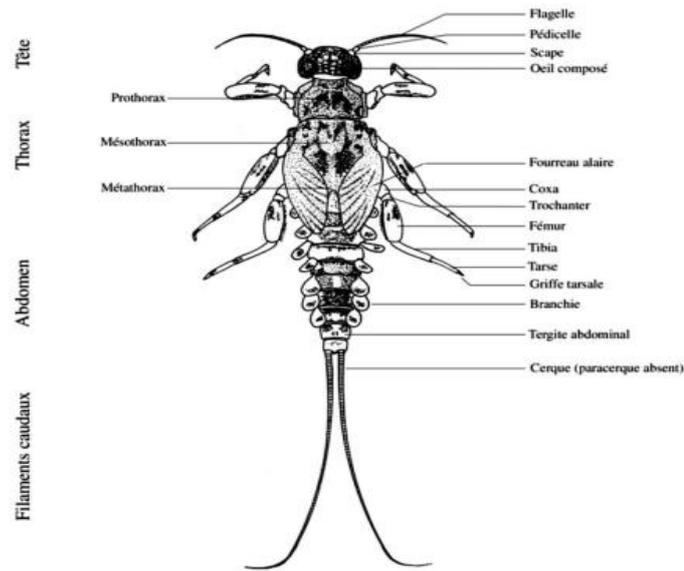


Figure 4 : Morphologie d'une larve d'Ephéméroptères (Gattolliat, 2002)

Des trachéobranches à rôle respiratoire ou même pulsatoire peuvent être insérées de part et d'autre des tergites de certains segments abdominaux soit de façon dorsale ou ventrale ou comme chez un bon nombre d'éphémères de façon latérale, dans ce cas-là, elles sont généralement au nombre de sept paires situées sur

Les cerques, sont insérées dans le dixième segment abdominal, courtes ou bien plus longues que le corps, elles peuvent porter des épines ou de longues soies, elles sont au nombre de deux, symétriques et s'insèrent en général au milieu un paracerque appelé aussi filament caudal quand il n'est pas insignifiant (Elouard et al., 2001).

I.2.2. Les Chironomes

Les Chironomidae forment une famille de Diptères Nématocères qui se divise en onze sous-familles, plus de 5 000 espèces. Les Chironomidés représentent une des plus importantes familles de Diptères. La larve de Chironome (filtreur et suspensivore) est bien connue sous le nom vernaculaire de « ver de vase ». Les Chironomidés sont des insectes de petite taille. Ressemblant beaucoup à des moustiques, ils sont communément confondus avec ces derniers.

Les Chironomidés sont d'importants bioindicateurs de l'état de santé d'un plan d'eau (la présence, l'absence ou la quantité d'une variété d'espèces s'y trouvant en témoignant). Certains chironomes rouges (généralement des espèces de grande taille) sont des bioindicateurs d'une très mauvaise qualité de l'eau s'ils sont massivement présents. (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Chironomidae>)

La classification pouvant être retenue est la suivante :

Règne	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
SuperClasse	: Hexapoda
Classe	: Insecta
Sous-classe	: Pterygota
Infra-classe	: Neoptera
Super-ordre	: Endopterygota
Ordre	: Diptera
Sous-ordre	: Nematocera
Infra-ordre	: Culicomorpha
Super-famille	: Chironomoidea
Famille	: Chironomidae Newman, 1834

Le cycle vital des Diptères Chironomidae se déroule en quatre stades biologiques (œufs, larves, nymphes et imago) et dans deux milieux aquatique et aérien, (Fig. 5). En milieu naturel, le cycle vital est généralement annuel ou semestriel. En conditions optimales d'élevage et pour l'espèce la plus fréquemment utilisée en bioessais et tests toxicologiques, *Chironomus riparius*, le cycle complet est de 22 jours.

Les Chironomidae colonisent tous les milieux aquatiques lotiques (avec de forts courants) ou lenticques (avec de faibles courants), permanents ou temporaires. Les larves se développent en contact étroit avec les substrats constituant les fonds des écosystèmes aquatiques (organismes benthiques), parfois même en s'enfouissant à l'intérieur des substrats meubles tels les sédiments (espèces endopéliques).

De nombreuses espèces présentent également des exigences écologiques faibles (espèces euryèces) vis-à-vis de facteurs environnementaux comme la température, l'oxygénation des eaux ou les teneurs en matière organique.

L'ubiquité des Chironomidae et l'euryécie de nombreuses espèces sont des caractéristiques connues. Les larves chironomidiennes endopéliques sont particulièrement exposées aux polluants peu solubles et leur utilité dans l'évaluation de la toxicité des sédiments est désormais largement reconnue (US EPA, 2000).

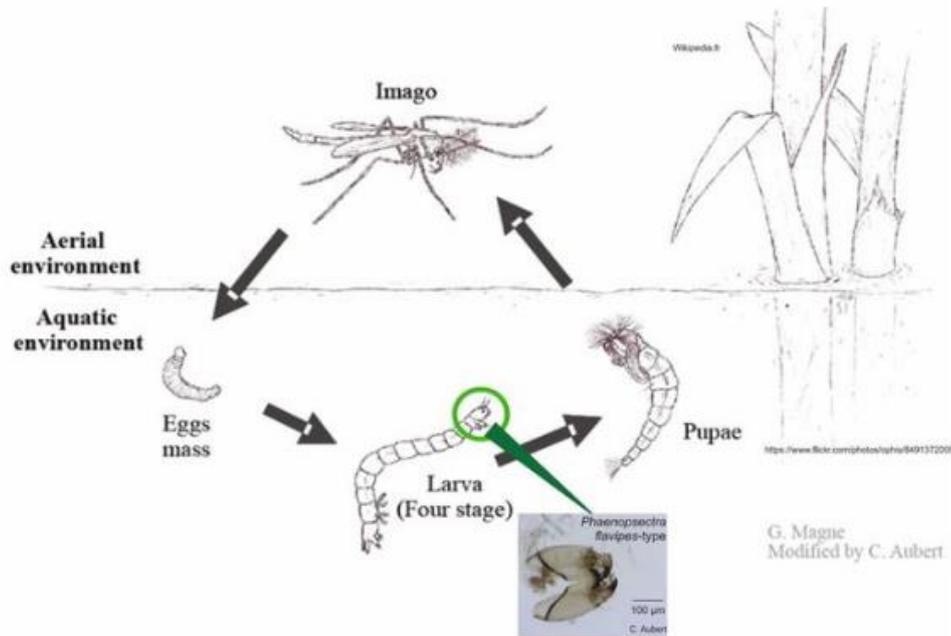


Figure 5 : Cycle vital d'un Chironome

Le cycle larvaire se décompose en quatre stades. La larve croît par mues successives. La largeur de la capsule céphalique permet de déterminer le stade larvaire auquel appartient l'organisme (Watts et Pascoe, 2000). A partir du 3^{ème} stade, le chironome acquiert de l'hémoglobine qui assure le transport de l'oxygène et lui confère une couleur rouge. C'est l'un des rares insectes à posséder cette protéine qui lui permet de vivre dans des environnements pauvres en oxygène.

De couleur variable allant du jaune blanchâtre au rouge en passant par le vert ou le bleu, les larves des Chironomes sont toutes aquatiques. La tête est bien individualisée et présente un appareil buccal de structure complexe, morphologiquement variable d'une part selon les sous-familles considérées mais aussi selon les espèces.

Chez les Chironominae et les Orthoclaadiinae, les mandibules sont élargies, fortement dentelées et présentent ventralement, comme les prémandibules, une touffe de soies en forme de brosse. Brouteuses ou détritivores, ces larves présentent un labium très développé et fortement chitinisé. Les plaques paralabiales qui le recouvrent partiellement sont striées, chez les Chironirinae mais pas chez les Orthoclaadiinae. L'éphipharynx porte un peigne de forme variable qui joue un rôle important dans le raclage des aliments déposés sur substrat.

Le thorax n'est généralement pas différencié, les segments étant seulement un peu plus courts que ceux de l'abdomen qui les suivent. Le 1^{er} segment porte une paire de pseudopodes, généralement courts et trapus, garnis leur base de crochets spiculiformes.

Les 9 segments abdominaux présentent des soies latérales réduites chez les deux sous-familles sédentaires Chironominae et Orthoclaadiinae. Chez certaines espèces, les 7^e et 8^e segments

abdominaux présentent des branchies respiratoires ventrales. Chez toutes les espèces, le dernier segment porte dorsalement des grandessoies en nombre variable, rassemblées sur deux pédoncules plus ou moins développés.



Figure 6 : Morphologie d'un Chironome (Bilard, 2001)

Il est difficile de préciser de quelle espèce il s'agit exactement car à notre connaissance aucun travail sur les espèces de Chironomes de la Tafna n'a été établi à ce jour.

I.2.3. Les Trichoptères

L'ordre des Trichoptères est un groupe remarquable par la diversité des adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales leur permettant d'exploiter la plupart des sources trophiques et de coloniser la plupart des milieux aquatiques d'eau douce (Wiggins & Mackay, 1978). Il est l'un des groupes les plus utiles pour évaluer la qualité des eaux courantes (Menetrey, 2008), ils constituent des indicateurs importants de la santé du système aquatique (Sheffield et al., 2019).

L'ordre des Trichoptères présente la position systématique suivante (<https://inpn.mnhn.fr/>) :

Règne : Animalia Linnaeus, 1758

Sous-Règne : Eumetazoa Bütschli, 1910

Infra-Règne : Protostomia Grobben, 1908

Phylum : Arthropoda Latreille, 1829

Sous-Phylum : Pancrustacea Zrzavý & Štys, 1997

Infra-Phylum : Altocrustacea Regier, Schultz, Zwick, Hussey, Ball, Wetzer, Martin & Cunningham, 2010

Super-Classe : Hexapoda Blainville, 1816

Classe : Insecta Linnaeus, 1758

Infra-Classe : Dicondylia Hennig, 1953

Ordre : Trichoptera Kirby, 1813

Selon les derniers travaux de Benmoussat-Dekkak (2017, 2021a, b, c), le bassin versant de la Tafna renferme 30 espèces dont *Hydropsychemaroccana* qui correspond à l'espèce la plus plastique. Polluo-tolérante, elle colonise des habitats très divers et supporte de grandes variations des facteurs du milieu. Elle est retrouvée dans des eaux fortement polluées, chargées en nitrites, nitrates et à charge ionique très élevée. *Hydropsychemaroccana* est omniprésente et dominante en aval de la Tafna.

Le cycle de vie d'un trichoptère (Fig.07) comprend cinq stades larvaires aquatiques, un stade nymphal aquatique et un stade adulte aérien et terrestre. Les œufs sont en général émis en paquet enrobé d'une substance gélatineuse. Suivant la nature de cette substance, le paquet d'œuf est par la suite fixé à un substrat, à l'intérieur ou en dehors de l'eau. Chez les Hydropsychidae, la ponte est dite cimentée dont la substance enrobante est peu abondante et ne gonfle pas (Bertrand, 1954). Les œufs sont allongés, ronds ou ovales de couleur jaune verte et de très petites tailles 0,2 mm à 1mm. A tous les stades de développement, les diapauses ont été mises en évidence Wiggins (1977), les individus sont capables de suspendre leur cycle de développement selon les conditions du milieu (Harper et Hynes, 1970 ; Wiggins, 1973). La durée du cycle de vie chez les Hydropsyches est liée à la température et/ou à la durée du jour. Ainsi, le cycle saisonnier favorise l'accélération de la croissance et la multiplication du nombre de générations annuelles (Stazner, 1981 et 1982 ; Schornxer, 1992).

Les adultes s'éloignent assez peu des eaux où ont vécu les larves. La journée, ils demeurent blottis dans des abris. Ce n'est que vers la fin de journée qu'il est possible de les voir voler près de l'eau (Bertrand, 1954). C'est souvent en vol, lors de la formation des essaims, que les mâles recherchent les femelles. La ponte suit, de près l'accouplement. Elle varie de quelques heures à un petit nombre de jours (Grassé, 1951).

La larve est de type encéphale ; on distingue aisément la tête, le thorax et l'abdomen (Fig. 4)

Les larves de Trichoptères possèdent les caractéristiques suivantes (Tachet et al., 2006) : Des yeux simples, absence de fourreau alaire, présence de pattes thoraciques, des mandibules plus petites que la tête et une paire de crochets sur les pygopodes.

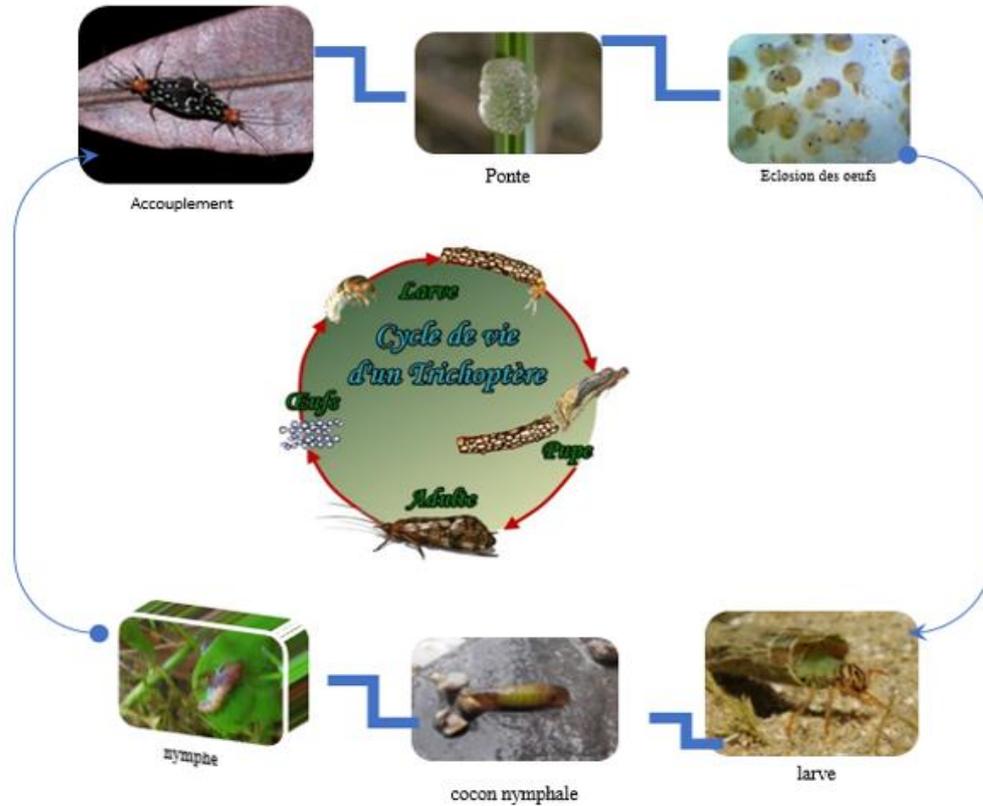
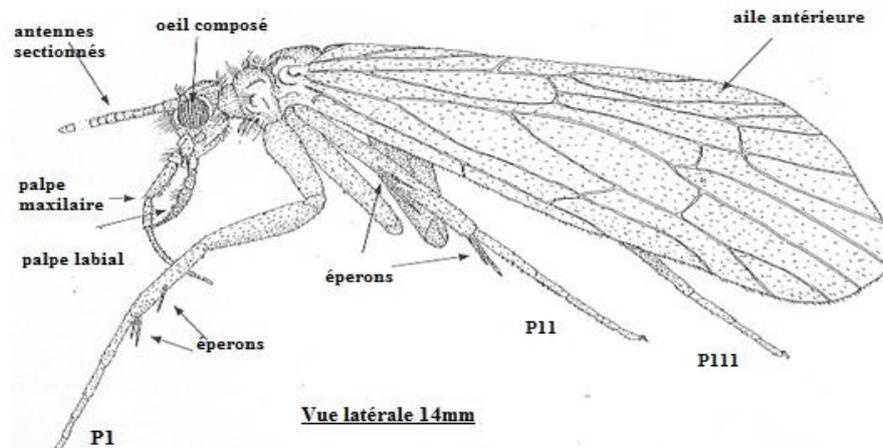


Figure 7 : Cycle de vie d'un Trichoptère

<https://doris.ffessm.fr/Especes/Trichoptera-ordre-larves-Larves-de-Trichopteres-2965>

Figure 8 :



Morphologie générale de l'imago (O.P.I.E Benthos)

Il existe deux types de larves morphologiquement différents ayant chacun des particularités éthologiques propres (Horeau et Horeau, 1999). Les larves présentent un comportement constructeur (au moins chez la majorité des espèces) tout au long de leur vie larvaire de type éruciforme. La tête souvent courte et large, fait un angle presque droit avec l'axe du corps (hypognathe). Les éléments de l'étui sont collés entre eux grâce à la soie provenant de deux glandes séricigènes (glandes produisant de la soie). La structure de ces glandes est proche de celles des "vers à soie". Les crochets permettent aux larves de les maintenir à l'intérieur des fourreaux généralement cylindriques mobiles (Fig. 10).

La nymphose dure entre deux à trois semaines. Des mouvements ondulatoires de la nymphe sont observés à l'intérieur du cocon. Elle possède de longues mandibules pour obstruer l'extrémité antérieure, elle gagne la surface en nageant le dos tourné vers le bas ou en grim pant sur les éléments environnants. Les pattes intermédiaires ciliées servent de rame. Une fois en surface, à moins qu'elle ne trouve un support pour s'extraire de l'eau, elle se maintient en cette position. La nymphe quitte alors sa dépouille et l'insecte ailé naît. Il s'envole très rapidement. L'éclosion a souvent lieu la nuit (Faessel, 1985).

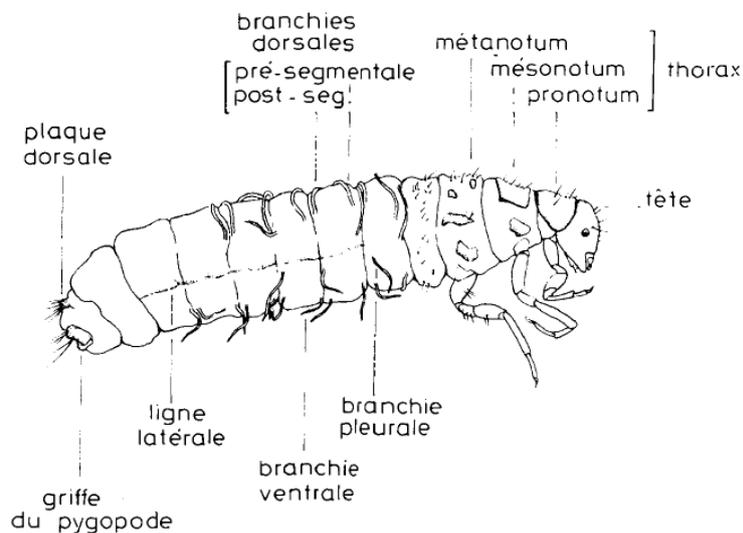


Figure 9 : Morphologie de la larve de Trichoptère (Faessel, 1985)



Figure 10 : Larves à étui
(<https://espacepouurlavie.ca/file/5370>)

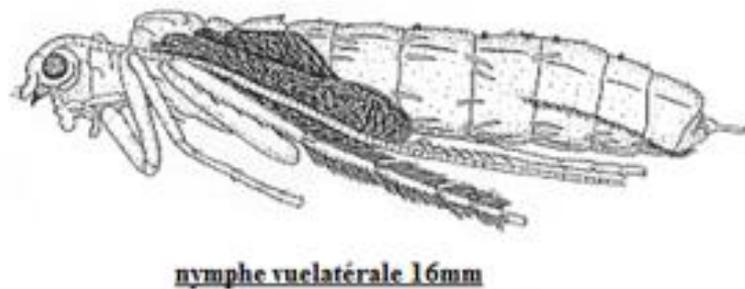


Figure 11 : Morphologie de la nymphe Trichoptère à étui
(O.P.I.E Benthos)

Les Hydropsychoidea construisent des retraites ou abris. Ces derniers sont fixés au substratum auquel sont associés des filets en position perpendiculaire au courant. Ces animaux constituent des filtreurs (Curnmins, 1973) du fait que la ressource alimentaire soit déterminée par la structure du filet et sa localisation. Le régime omnivore inclue de nombreux petits invertébrés. Les trois groupes sentinelles choisis sont des organismes benthiques qui vivent au contact avec le substrat . Ils sont filtreurs et se nourrissent des éléments organiques déposés au fond du lit des oueds.

Chapitre II: Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Présentation des sites d'étude

Les prélèvements ont été effectués en date du 19 Mai 2022, dans trois (03) sites représentatifs essentiellement de la partie aval du cour d'eau principal de la Tafna, là où la pollution atteints les niveaux le plus hauts (Bendiouis-Chaoui-Boudghene, 2015 ; Benhadji, 2020 ; Bemmousat Dekkak, 2022), il s'agit de :

- Station 1: Confluence OuedIsser- OuedTafna
- Station 2 : Pierre du chat (Hadjrat El Gat)
- Station 3 : Beni Ghennam

II.1.1 Géographie du bassin versant de la Tafna

Le bassin versant de la Tafna appartient à la région hydrographique Oranie - Chott Chergui qui fait partie des cinq régions hydrographiques de l'Algérie et se localise dans le Nord-Ouest algérien, limité par la Méditerranée au Nord, le Sahara au Sud, le bassin hydrographique Cheliff-Zahrez à l'Est et le Maroc à l'Ouest (Fig. 14).

Le bassin l'Oranie-Chott Chergui renferme 20% de la superficie totale des régions hydrographiques d'Algérie, le bassin versant de la Tafna constitue 9.43% de ce bassin, il occupe ainsi une superficie de 7245km², son réseau hydrographique en grande partie sur la wilaya de Tlemcen, traverse la wilaya d'Ain-Temouchent peu avant de se jeter dans la méditerranée et déborde légèrement sur le territoire marocain (Fig.14). Il est entouré par les monts de Traras (limite Nord) et les monts de Tlemcen (au Sud), Djebel Sebaâ Chioukh (limite Est) et les monts Béni Snassen du Maroc (à l'Ouest).

Les trois stations s'intègrent dans la Basse Tafna et plus exactement dans les plaines de Remchi, elles peuvent être géo-localisées grace aux coordonnées géographiques portées dans le tableau 1

Tableau 1 : Cordonnées géographiques et altitude des trois stations

Stations	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)
Station Isser remchi	35°03'26"	1°03'45"	230
Station Pierre du chat	35° 08' 41''	01°26'34"	158
Station Beni Ghannem	35°15'12''	1°25'39''	55

II.1.2 Hydrographie du bassin

La Tafna qui est long de 170km, prenant source à 1100m de la grotte aquatique de Ghar Boumaâza dans la région d'Oulad Ouriach, présente une orientation SE-NW qui devient SW-NE puis S-N. Selon Gentil (1902), d'un point de vue géomorphologique et géologique, le bassin versant de la Tafna se subdivise en 3 parties.

II.1.2.1 La Haute Tafna

A partir de sa source, l'oued Tafna se dessine après la jonction d'un grand nombre de ramifications étalées en éventail dans une sorte d'entonnoir creusé dans les terrains jurassiques. Ces ramifications descendent de crêtes et se réunissent aux environs de Sebdou, à une altitude d'environ 900m. A partir de cet endroit la Tafna suit un cours parfaitement défini dans une vallée encaissée, creusée dans les terrains jurassiques, recevant en cours les eaux de l'oued Khémis et de l'oued Sebdou, jusqu'à Bordj Sidi Medjahed. A Ouled Medjahed, l'oued pénètre dans le bassin tertiaire de la Tafna et son régime change complètement. Le cours d'eau quitte cette région de montagnes calcaires pour pénétrer dans une vallée argileuse ou argilo-gréseuse et reçoit en cours de route les apports de plusieurs petits affluents. Cette eau est finalement retenue dans le barrage de Béni Bahdel.

II.1.2.2. La Moyenne Tafna

A partir de Sidi Medjahed l'oued s'est creusé un lit dans une vallée peu profonde, aux flancs à pente douce, dans des terrains plus ou moins argileux. Les alluvions anciennes ou récentes de l'oued sont peu étalées, elles forment une petite plaine étroite dans laquelle le cours d'eau se développe en méandres tortueux. Au sortir du massif jurassique, la Tafna suit d'abord une direction S.N. jusqu'au bordj de Bled Chaaba, puis elle se dirige vers le N.E. Au-dessous du plateau de Remchi, la plaine alluvionnaire s'étale par suite de la confluence de plusieurs rivières dont l'oued Isser ; puis il reprend son cours vers le nord. Le cours de l'oued se limite aux gorges de Tahouaret dans la région de la vallée de la Moyenne Tafna. Cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents dont oued Mouilleh, qui prend naissance au Maroc. Entre Bled chaaba et les gorges de Lahouret, la Tafna reçoit de nombreux affluents qui prennent naissance dans les Traras dont oued Isser ; qui est le plus important des affluents de par son débit car il draine la partie la plus arrosée du bassin ; par la rive droite.

L'oued Isser occupe une superficie de 1140km² avec une altitude maximale de 1625 m de la longueur du talweg principal est de 81 km, il prend naissance dans les terrains jurassiques du massif secondaire de Tlemcen dans la région de Beni Smiel, il débute par un réseau développé qui descend des mêmes crêtes que celle de la Tafna qui la reçoit et étend ainsi, vers l'Est, la

région de la « Haute Tafna ». Celui-ci suit une direction Nord-Sud et s'enrichit, au Nord d'Ouled Mimoun, dans le bassin tertiaire, par les apports de l'oued Chouly (rive gauche) et l'oued de Ain Tallout (rive droite), puis il suit une direction S.N. dans une vallée argileuse qui rappelle beaucoup celle du cours moyen de la Tafna.

Il reçoit, sur ses deux rives, le tribut de nombreux ravins par la suite, il change brusquement de direction et se dirige vers l'Ouest en contournant le promontoire jurassique des Djebel er Ramlya

et el Abiod, puis il traverse la petite plaine d'El Fehoul. A l'extrémité occidentale de cette plaine il reçoit, sur la gauche, un cours d'eau assez important, l'oued Sikkak maintenant concentré dans le barrage du même nom. Sa confluence avec l'Oued Tafna ; sur la rive droite ; a lieu dans la plaine de Remchi à 80m d'altitude.

L'oued Sikkak qui draine les régions de Djebel Benian (1100m) et de la plaine de Hennaya, prend sa source à une altitude de 1190m dans les monts de Tlemcen au Sud de Tlemcen à la source d'Ain Rhannouset occupe un sous bassin d'une superficie de 442Km². Il est d'orientation générale N-S et arrive au niveau du plateau de Terny où il est recueilli par le barrage d'El Meffrouch. Affluent rive gauche de l'oued Isseravec lequel il conflue au Nord d'Ain Youssef. Le bassin de l'oued Sikkak comprend deux secteurs bien distincts: - au Nord et au centre, des dépressions remplies de sédiments tertiaires et quaternaires. La zone montagneuse comprend : au Sud, le plateau de Terny entouré de plusieurs massifs élevés culminant au Djebel Nador (1579m).

Cet oued descend du massif de la haute Tafna sous le nom d'oued Meffrouche et pénètre dans le bassin tertiaire sous le nom d'oued Saf-Saf. Il se reforme à partir des sources des cascades d'El Ourit situées à 800m d'altitude et prend ; jusqu'à l'aval du village Saf-Saf ; le nom d'oued Saf-Saf puis celui d'oued Sikkak à partir de la commune de Chetouane. Il longe d'abord une vallée profonde et encaissée pour ensuite continuer son cours sur les plaines d'Hennaya. A son Nord, avant de confluer avec l'Isser sur la rive gauche, la Sikkak reçoit les affluents de la région de Beni Ouazzane. Au Nord du village d'Aïn Youcef, oued Sikkak rejoint l'Isser et est retenu dans le barrage du même nom. Il prend naissance dans les Monts de Tlemcen à environ 900m d'altitude. Il draine le versant Nord-Est des Monts de Tlemcen avec un sous bassin 1860Km² de superficie. De direction SW / NE, il bénéficie d'une alimentation permanente par les nombreuses sources de la région dont AïnTotHamam, AïnOuissert.

Il parcourt une vallée alluviale encaissée en amont et de plus en plus large vers l'aval. Le cours d'eau principal se jette plus bas dans oued Isser constituant ainsi son principal affluent (affluent

rive gauche). Il prend sa source dans les monts de Tlemcen à environ 900m d'altitude, il draine le versant Nord de ces monts, sa vallée est surplombée par une série de massifs

II.1.2.3. La Basse Tafna

Le cours inférieur de la Tafna s'étend, depuis les gorges de Tahouret jusqu'à la mer, sur une distance rectiligne de moins de 20km. Il sillonne la vallée de la Basse Tafna. Le fleuve serpente dans une plaine étroite qui dessine un arc de cercle dont la flèche est orientée E.O. Le cours d'eau se développe en grandes boucles dans un lit à berges verticales. Cet oued termine son cours dans une région volcanique, montrant fréquemment sur les bords de la basse plaine des colonnes basaltiques.

La jonction du fleuve avec la mer se fait par une seule branche. Le cours d'eau s'étend des gorges de Tahouret jusqu'à la mer, sur une longueur de 20 km. Il reçoit des affluents beaucoup moins importants, de direction Est-ouest qui sont l'oued Lemba et l'oued Fed El Atouch sur la rive droite et l'oued Ben-Djelloul sur la rive droite.

La Tafna continue son cours depuis les gorges de Tahouret vers le village de pierre du chat et la plaine de Maghnia alimentée en eaux et apports des oueds du versant Nord et ceux de l'oued Mouilah qui arrive du Maroc. En traversant la plaine de Remchi, elle est ravitaillée par son principal affluent l'Isser et achève finalement son parcours par un estuaire au niveau de la plage de Rechgoun.

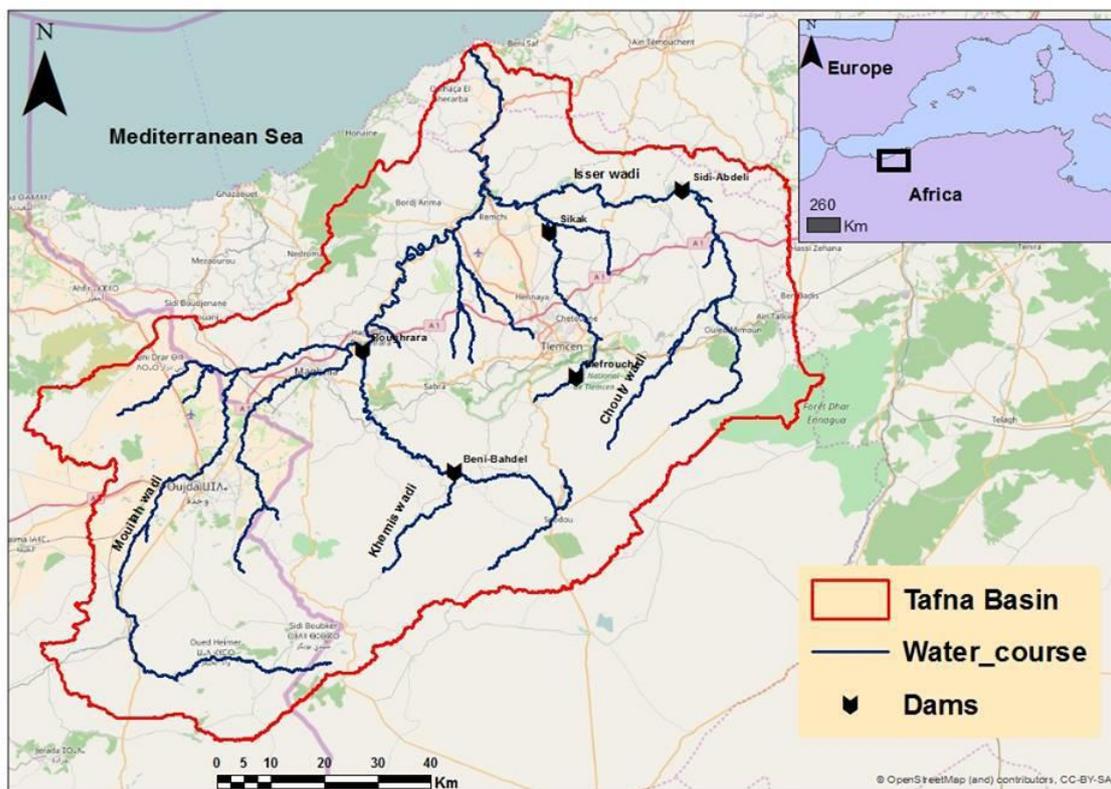


Figure 12 : Carte du réseau hydrographique de la Tafna (Benhadji, 2020)

II.1.3. Climatologie régionale

Le bassin versant de la Tafna, sis dans un climat semi-aride, orienté face au Nord, subit l'influence des perturbations complexes du régime du climat du bassin méditerranéen (Belarbi, 2010).

Selon Belarbi (2010), le climat de la Tafna a été marqué par une succession de périodes de sécheresses : (1917-1924), (1939-1947), (1955-1962) et (1975-1986). On peut dire qu'une sécheresse se produit tous les 20 à 30 ans de façon prolongée.

L'étude climatique qui suit nous permettra d'apprécier la qualité climatique du bassin versant de la Tafna sur une échelle de 30 ans et de donner ses principales caractéristiques (Benhadji, 2020)

La température a une grande influence sur les variations du débit ; surtout lors de la saison chaude, en accélérant l'évaporation et en asséchant ou appauvrissant ainsi le flux hydrique les oueds (Benhadji, 2020).

D'après Ayache (2007), la caractérisation thermique d'un lieu donné se fait généralement à partir de la détermination de ces quatre variables climatiques : les températures moyennes mensuelles, les températures maximales, les températures minimales et l'écart thermique. Les températures moyennes annuelles ont une grande influence sur l'aridité du climat.

Selon Belarbi (2010), dans le bassin versant de la Tafna, la pluie moyenne annuelle est de 350mm. Les précipitations y sont irrégulières et sont la plupart du temps concentrées sur la saison fraîche. Belarbi (2010) affirme que les précipitations et les facteurs climatiques dans leur ensemble, permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large. En effet, les précipitations agissent directement sur l'alimentation pluviale de l'écoulement de la Tafna, elles dépendent surtout des dépressions atmosphériques d'origine atlantique et méditerranéenne qui traversent le détroit de Gibraltar, la partie nord du Maroc et touche la région de la Tafna, elles se manifestent par des vents d'Ouest et des vents humides vers le Nord du bassin.

Selon l'étude climatique établie par Benhadji (2020), l'aridité et l'aridification actuelle du climat de notre la région par rapport à l'ancienne période en raison de :

- un prolongement de la saison sèche dans la nouvelle période vu les températures moyennes mensuelles qui sont plus importantes et la saison humide est moins arrosée qu'avant ;
- la diminution nette des précipitations nettement passant d'une moyenne de l'ordre de 600mm/an à moins 300mm/an ;
- l'irrégularité des précipitations d'une année à une autre et d'un mois à un autre, avec un déficit hydrique pouvant se produire durant la période humide fraîche. Ces conditions climatiques

se répercutent sur les hydro systèmes par des sécheresses prolongées auxquelles doivent faire face les organismes aquatiques tels les Ephéméroptères.

II.1.4. Description des stations étudiées

II.1.4.1 Station 01 Isser Remchi (IRE)

Elle est traversée par l'un des ponts routiers qui se trouve sur la R.N. n°22 Tlemcen – Oran ; en aval de Remchi, cette station est ornée d'une ripisylve composée de lauriers roses et de joncs ; l'eau fortement turbide coule sur un substrat formé de limons et de sables avec quelques blocs .Elle recevait, en amont, les eaux de l'oued Sikkak avant la construction du barrage et est tout près (centaines de mètres) de la confluence Isser-Tafna.

Cette station est fortement perturbée de par sa qualité d'eau et son débit et ce, par les nombreux rejets et pompages mais aussi la construction hydraulique de Sikkak.



Figure 13 : Station 1 Isser Remchi (IRE)

II.1.4.2. Station 02 Tafna Fatmi El Arbi (TPC)

Station de la basse Tafna, elle se situe près du village de (Fatmi El Arbi) appelé autrefois Pierre du chat. Situé après la confluence avec l'Isser, le site se localise à 800m en aval du second pont de la route national n°22 Tlemcen – Oran et à 33km en amont de l'embouchure de la Tafna. Sa position en plein terre agricole fait que l'eau y est fortement turbide et d'une petite profondeur (10-50cm). Il coule avec un débit moyen sur un lit allant de 10 à plus de 25m ; composé de blocs et de galets liées par un substrat fin argilo-limoneux et une végétation très réduite.



Figure 14 : Station 02 Pierre du Chat (TPC)

II.1.4.3. Station 03 Béni Ghannem

Béni Ghannem est un village située au nord-est de Tedmaya, et au sud-est de Siga. La station d'étude se localise à 300m de ce village et de la route national 22. Elle est située à 21 km en aval de la station de Pierre du chat et à 12km en amont de la plage de Rachgoun où se localise l'embouchure de la Tafna.



Figure 15 : Station Béni Ghannem

Elle présente un environnement purement agricole. Elle est marquée par sa ripisylve très dense et très variée qui occupe des berges plates et très larges. L'eau y est profonde, trouble et coule avec un débit moyen à lent selon la pente. Le lit majeur est large atteignant en moyenne 25m. Le substrat est déposé avec dominance de vase et absence totale d'éléments grossiers ce qui rend l'accès très difficile.

II.2. Méthodologie

Les méthodes effectuées pour la réalisation de ce travail, nécessitent tous d'abord un plan d'échantillonnage adéquat, pour pouvoir procéder à l'analyse des paramètres physico-chimiques des prélèvements effectués, et enfin les techniques de dosage des HAP. Nous retenons également les caractéristiques physiques des sites ciblés pour exprimer les conditions environnementales des trois sites d'étude.

II.2.1. Travail sur terrain

La sortie sur terrain a été effectuée le 19/05/2022, avec les membres du laboratoire de recherche. Pour une meilleure représentativité du site, chaque échantillon destiné à l'analyse est le résultat d'un triple prélèvement. Le plan d'échantillonnage est donc basé sur trois prélèvements équidistants par station. Pour chaque site, nous retenons trois échantillons de chaque taxon ciblé, de sédiments et d'eau, distants de plus de 10m l'un de l'autre.

II.2.1.1. Caractéristiques physiques

A cette première étape, nous avons noté caractéristiques physiques situationnelles afin de donner un descriptif des conditions locales où les échantillons ont été prélevés. Pour cela, nous avons retenu les caractéristiques physiques classiques les plus utilisées en hydrobiologie à savoir la profondeur exprimée en cm, le type de courant (rapide, moyen, lent ou très lent), le type de substrat (hétérogène, déposé ou érodé), l'aspect de l'eau (claire trouble turbide), la présence ou absence de végétation dans l'eau, la végétation riveraine des berges (type de ripisylve), l'ombrage, l'exposition et les actions anthropiques potentielles.

II.2.1.2. Prélèvement des échantillons des sédiments et d'eau

- **Sédiments**

Les sédiments ont été prélevés à l'aide d'un filet à mailles serrées, qui permet de bien retenir le substrat et égoutter l'eau. Le substrat est ensuite récupéré dans des sachets ombrés étiquetés, et conservé dans une température ambiante, pour leur transporté au laboratoire.

- **Eau**

L'eau était prélevée par immersion des bouteilles, qui sont en polyéthylènes, dans le cours d'eau. Les bouteilles de l'eau prélevée étaient ombrées, hermétiquement fermées et étiquetées.

II.2.1.3. Prélèvement des spécimens benthiques

Dans les faciès rapides à substrat érodé ou hétérogène et peu profonds inférieures à 40 cm, les prélèvements quantitatifs ont été réalisés à l'aide du filet surber de 275 μ m de vide de mailles, sur

des surfaces de l'ordre de 0.1 m². Le filet est déposé sur le fond du cours d'eau à contre-courant. Les larves et les nymphes sont recueillies dans le filet par lavage des galets se trouvant sur la surface d'échantillonnage par le raclage du fonds. Certains spécimens ont été récoltés à l'aide de pinces entomologiques souples, en retournant des blocs et des pierres prélevés directement du fond du lit de l'oued (Fig. 16). L'échantillonnage benthique consistait à rassembler le plus grand nombre d'espèces macro benthique des « groupes sentinelles » choisis, nous avons donc ciblé les Éphéméroptères, les Trichoptères et les Chironomes.

En faciès de mouilles, les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet troubleau à ouverture circulaire de 30 cm de diamètre et de vide de mailles de 0.80µm, l'échantillonnage est réalisé par dragage du fond en faisant des allers retours sur une distance d'un mètre environ.

Les organismes récoltés sont placés dans des bocaux en verre stérilisés pour éviter toute contamination. Ces contenants sont ensuite étiquetés (la date, le code de l'échantillon, lieu et numéro). Tous les échantillons étaient couverts (ombrés) à raison de la photosensibilité des HAP.



Figure 16: Trichoptères fixés sur galets

II.2.2. Travail au laboratoire

II.2.2.1. Dosage des paramètres physicochimiques

Tout comme les paramètres physiques, les paramètres physicochimiques sont destinés à donner une idée sur les conditions physicochimiques dans lesquelles ont été prélevés les organismes vivants car ces derniers peuvent jouer un rôle déterminant dans le devenir et l'évolution des HAP dans le cours d'eau.

Les mesures des paramètres physicochimiques de l'eau brute ont été effectuées à l'aide d'un appareil multi paramètres marque WTW Multi 340i, d'un pH mètre et d'un photomètre marque Hanna 7100 (Fig. 17). Il s'agit de :

- La température exprimée en degrés Celsius (°C).
- Le potentiel Hydrogène pH (pH=7 milieu neutre, >7 milieu acide et <7 milieu alcalin ou basique).
- La conductivité exprimée en micro-siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- L'oxygène dissous exprimé en mille gramme par litre (mg/l) .
- Le potentiel redox exprimé en Mv.
- La turbidité exprimée en unité FTU.
- Le Nitrate exprimé par mille gramme par litre (mg/l),
- Le Nitrite exprimé par mille gramme par litre (mg/l).
- La dureté calcique exprimée en mille gramme par litre (mg/l) de CaCO_3 .

Les valeurs sont ponctuelles et exprimées en données brutes, elles ne permettent pas de ce fait une comparaison dans un but d'expliquer un phénomène de cause à effet mais elles donnent une idée sur les conditions du moment.



Photomètre

Multi paramètres

PH mètre

Figure 17 : Appareillage utilisés pour les analyses

❖ Préparation des échantillons des sédiments et d'eau

Au le laboratoire, les sédiments prélevés ont été déshydratés, pesés sur une balance, moulus à l'aide d'un mortier et enfin tamisés. Chaque échantillon préparé et destiné au dosage des HAP résulte d'un mélange des trois échantillons prélevés sur terrain.

L'eau conservée à l'état pure, est maintenue au réfrigérateur à une basse température comprise entre 6° et 4°C. La quantité de 1g est retenue pour chaque échantillon représentatif d'une station d'étude.

❖ Préparation des échantillons représentatifs des groupes sentinelles

Au laboratoire, une préalable préparation de nos échantillons, pour procéder à des analyses spécifiques. Les échantillons du benthos, sont lavés et débarrassés des particules indésirables dans des tamis de mailles décroissantes allant de 5 à 0,2 mm. Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé et homogénéisé dans des béchers de 250 cc.

Un pré-tri et une détermination sont effectués sous une loupe binoculaire par fraction successives, dans des boites de pétri en verre, à l'aide de clés d'identification disponible (Tachet et al., 1980).Après détermination des spécimens, chaque lot est pesé sur une balance numérique couvert d'un papier aluminium et conservé au frais à une basse température. Munis d'une étiquette portant la date, le numéro de station et le nom du groupe identifié. Ci-après quelques Figures des spécimens récoltés.



Chironomes



Trichoptères



Ephéméroptères

Figure 18 : Préparation des spécimens des groupes

Tableau 2 : Quantités prélevées par groupes sentinelles en grammes

Groupes sentinelles	Station 1	Station 2	Station 3
Ephéméroptères	4	4	Absence
Trichoptères	Absence	4	Absence
Chironomes	5	Absence	4

II.2.2.2. Détection des HAP

II.2.2.2.1 Préparation des analytes

Dans cette partie, seront détaillées les différentes techniques expérimentales utilisées pour la mesure et l'analyse qualitative et quantitative, des Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques (HAP), sur les tissus biologiques, l'eau et les sédiments. Le protocole analytique est classique et comprend 3 étapes principales : échantillonnage, extraction et analyse.

- **Extraction**

L'extraction est une étape cruciale pour des analyses chimiques. Lorsque l'échantillon est un solide, la phase nécessaire pour l'analyse est un liquide, le processus est appelé extraction solide-liquide. Une forme simple et largement applicable d'extraction solide-liquide implique la combinaison du solide avec un solvant dans lequel l'analyte est soluble. Par agitation, les partitions de l'analyte passent dans la phase liquide qui peut ensuite être séparé du solide par l'intermédiaire de la filtration. Le choix du solvant qui convient est basé sur la solubilité de l'analyte cible et sur le solde du coût et de sécurité, ainsi que les préoccupations environnementales.

Pour l'extraction des produits organiques adsorbés sur le sédiment, nous avons pesé 5,00 g du sédiment puis placé dans un bécher (100 ml en taille) propre et nous avons rajouté 15 ml de solvant organique. Le bécher est déposé sur un agitateur mécanique pendant 60 min.

Nous avons appliqué ce même protocole, sur les espèces benthiques. Les solvants organiques utilisés sont l'Hexane, Acetonitrile et eau distillée.

Cette technique est appliquée au sein du Laboratoire de Recherche Action de l'homme pour la protection de l'environnement et santé Publique. Université de Tlemcen.

L'extraction n'est pas réalisée sur l'eau prélevée. L'eau reste à l'état brut pour analyse.

II.2.2.2.2. Spectroscopie RMN (Résonance Magnétique Nucléaire)

La spectroscopie à résonance magnétique nucléaire est abondamment utilisée dans les études de caractérisation de la matière organique (Baldock et al., 1992 ;Kogel-Knabner, 2000 ; Lu et al.,2000). Elle permet d'identifier la structure moléculaire des composés organiques par identification des groupements fonctionnels à partir d'échantillons solides ou liquides. C'est une technique de spectrométrie fréquemment utilisée en chimie organique, et qui vient compléter d'autres techniques telle que la spectrométrie de masse (Baldock et al., 1992 ;Kogel-Knabner, 2000, 1997). Elle présente le double avantage d'être non destructive et indépendante des quantités de phases minérales présentes dans les échantillons analysés

❖ Mode opératoire

Cette technique d'analyse a été réalisée au laboratoire de recherche CRAPC, université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, par le Professeur ZAINI CHERIF.

Après extraction par solvant, les échantillons sont soumis sous le Rotavap pour évaporation du solvant. L'adsorbant est gratté par une longue spatule et analysé par la suite dans un appareil. L'appareil utilisé de type Spretrovel MAGRITEK Spin solve 60 avec référence interne H₂O-D₂O 10/90 à 4,74 ppm , qui permet de séparer et détecter les molécules ciblées (dans ce cas les HAP) qui se trouvent dans un mélange complexe. Cet appareil est piloté par un ordinateur pour identification des spectres . Les résultats obtenus sont de type qualitatif (absence-présence).

II.2.2.2.3. Absorbance par UV- Visible

La chimie analytique utilise souvent la spectrophotométrie UV-visible comme méthode de dosage de composés notamment par colorimétrie. La spectrophotométrie ultraviolette (200-350nm) est basée sur l'absorption du rayonnement lumineux par la matière. Cette absorption est occasionnée par un transfert d'énergie du rayonnement vers la structure électronique de la molécule. Le principe consiste à tracer le graphe de l'absorbance de la molécule en fonction de sa longueur d'onde λ .

❖ Mode opératoire

Cette technique d'analyse a été pratiquée au niveau du laboratoire des substances naturelles et bioactives (LASNABIO). Université de Tlemcen. L'appareil utilisé pour analyse est piloté par un ordinateur pour identification des spectres en couleur. Afin d'obtenir un spectre UV-visible, la solution est soumise aux rayonnements dont la longueur d'onde est comprise dans l'intervalle 200-400nm (domaine des ultraviolets) et dans l'intervalle 400-800nm (domaine de la lumière visible). La spectrophotométrie UV-visible permet ainsi d'obtenir des renseignements de type qualitatif via l'ordre de grandeur de la longueur d'onde maximale enregistrée λ_{max} .



Figure 19 : Spectrophotomètre UV-visibles

II.2.2.2.4 Chromatographie en phase liquide haute performance HPLC

Tout échantillon d'eau (eaux potables, eaux souterraines, eaux de surface, eaux de rejet et lixiviats). La technique de chromatographie liquide haute performance (HPLC) après extraction liquide-liquide permet de doser avec un détecteur à fluorescence les 15 HAP qui sont les suivants : naphthalène, acénaphène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo (ah)anthracène, benzo (ghi) pérylène et indéno (1,2,3-cd) pyrène (ISSEP, 2014).

Mode opératoire

Cette technique d'analyse était pratiquée au laboratoire de catalyse et synthèse en chimie organique (LCSCO) , université Abou BakrBelkaid. Tlemcen.

Après extraction par solvant, les échantillons sont injectés un par un à l'aide d'une seringue, dans l'appareil de spectrophotométrie HPLC. L'appareil est piloté par un ordinateur, les résultats s'affichent sur l'écran sous forme de chromatogramme.

Les résultats obtenus sont également du genre qualitatif.

Chapitre III: Résultats et interprétations

Chapitre III: Résultats et interprétations

Chapitre III : Résultats et interprétation

III.1. Paramètres physiques des stations

Les résultats d'observations des paramètres physiques des trois stations sont regroupés dans le tableau 2 qui résume l'ensemble des conditions où ont été prélevés les échantillons.

Tableau 3 : Caractéristiques physiques des trois stations

Caractéristiques physiques	Site 1	Site 2	Site 3
Exposition	N-E	N-E	N
Pente des berges (%)	25	2	5
Largeur du lit majeur (m)	13	15	20
Profondeur moyenne (cm)	60	40	≥150
Type de substrat	Hétérogène	hétérogène	Déposé (Vase)
Type de courant	Moyen	Rapide à moyen	lent
Aspect de l'eau	turbide	Turbide	Très turbide
Végétation dans l'eau	Spermaphytes	Absente	Absente
Végétation riveraine	Dense et stratifié	Eparse et stratifié	fortement dense et stratifié
Ombrage (%)	60	30	80
Actions anthropiques	Pompage - Déchets plastiques - passage des bovins et ovins	Pompage et passage des bovins	pompage

Situées dans la basse Tafna, les trois stations présentent les caractéristiques classiques des faciès lotiques localisés dans la partie aval des cours d'eau nord-africains.

D'exposition N-E, la première station est une vallée encaissée d'accès difficile en raison des fortes pentes au niveau des deux rives. Les berges deviennent plates dans les deux autres stations. La largeur du lit majeur augmente au fur et à mesure qu'on se dirige vers l'embouchure. Comme nous notons une élévation du niveau du plan d'eau dans la station située le plus aval.

Le substrat est de type hétérogène dans les stations 1 et 2, la présence d'éléments hétérométriques est constatée essentiellement pour les blocs de grandes tailles de diamètre de plus 1m et les pierres de diverses tailles. En revanche, la station 3 est marquée par l'absence totale des éléments grossiers et la présence exclusivement de la vase.

En raison des faibles précipitations enregistrées au cours de cette année d'étude, le débit enregistré était faible. Le type de courant oscille entre moyen et lent respectivement pour la station 1 et la station 3 passant par courant relativement rapide dans la station 2.

L'eau y est généralement turbide en raison des grandes quantités de matières minérales en suspension charriées par les eaux de ruissellements du bassin versant auxquelles s'ajoutent les eaux usées polluées des zones d'agglomérations de la ville de Tlemcen et Remchi. Cette eau turbide empêche le développement des végétaux dans l'eau, seules quelques spermaphytes sont présents dans la station 1 où ils poussent en périphérie du plan d'eau.

La végétation riveraine est présente dans les trois stations sous forme de ripisylve à différentes strates. Nous notons la dominance du Tamarix, du laurier rose, du jonc et de la typha. La ripisylve est nettement plus dense et plus diversifiée plus en se dirige vers l'aval. Elle offre de l'ombrage sur une grande partie du cours d'eau et minimise ainsi des temps d'exposition à l'ensoleillement plus lents qui peuvent modifier les propriétés du plan d'eau (des températures plus élevées, une évaporation plus forte qui réduisent le plan d'eau et modifient les caractéristiques physicochimiques des eaux.

Les actions anthropiques constatés sur terrain sont multiples marquées fondamentalement par le pompage intensif pour l'arrosage des cultures des terrains agricoles avoisinants mais également la quantité impressionnante des déchets et essentiellement les déchets plastiques. Ces derniers sont entraînés par les eaux au moment des crues puis déposés dans la partie avale du cours d'eau de la Tafna.

III.2. Caractéristiques physicochimiques des eaux

Pour mieux cerner les conditions physicochimiques des eaux où se développent les « groupes sentinelles », 10 paramètres ont été mesurés, les résultats sont portés dans le tableau 04.

Tableau 4 : Paramètres physico-chimiques enregistrés

Paramètres	Station 1	Station 2	Station 3
Température (°C)	23	22.2	21.6
pH	6.86	7.79	7.77
Salinité (mg/l)	0.7	1.2	1.4
O ₂ dissous (msg/l)	3.82	5.22	4.40
Conductivité (ms/Cm)	164	263	322
Potentiel redox (mV)	-55	-28	-177
Nitrites (mg/L/NANO ₂)	0.90	0.59	0.045
Nitrates (mg/l/NO ₃)	1.2	1.86	1.20
Magnésium (mg l/Mg)	220	Absent	70
Dureté calcique (mg/l/CaCO ₃)	145	Absent	Absent

❖ La température de l'eau

La température est un paramètre à action majeure, elle influe sur beaucoup de paramètres qui sont indispensables à la vie aquatique. En effet plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissous diminue. Les valeurs de température enregistrées, sont variables entre 21 et 23 °C. Ce sont des valeurs moyennes saisonnières (période de Mai).

❖ Le pH

Le pH (potentiel hydrogène) est le reflet de la concentration d'une eau en ions H⁺ : $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. L'eau des cours d'eaux avoisine en général la neutralité représentée par un pH de 7. Le pH doit être compris entre 6 et 8 pour permettre la vie aquatique. Dans chaque milieu naturel les eaux ont une valeur de pH propre en fonction du sous-sol de leur bassin versant.

Les résultats du pH enregistrés pour les trois stations, sont variables entre maximum de 7,79 dans la station 2 Pierre du Chat et 7,77 dans la station 3 Beni Ghannem et un minimum de 6.86 dans la station 1 Isser. Le pH est donc légèrement basique ou alcalin à légèrement acide, il reste toute dans les normes des milieux naturels aquatiques de la région à pH compris entre 6 et 8.

❖ L'oxygène dissous

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies aquatiques. L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques (autoépuration).

La teneur en oxygène des eaux d'une rivière peut donc varier en cours de journée de plusieurs mg/l suivant la température et la présence ou non de végétaux aquatiques (jusqu'aux environs de 20mg/l en cas d'eutrophisation) et aussi selon la profondeur : elle peut être très faible en eau profonde alors qu'elle peut approcher le taux de saturation près de la surface.

Nos résultats, illustrent que la valeur moyenne est 4.48 mg/l, comprise entre un minimum de 3.82 et maximum de 5.22mg/l. Ce sont des valeurs qui indiquent une insuffisance en oxygène dissous dans l'eau pour les trois stations d'étude.

❖ Le potentiel redox ou potentiel d'oxydoréduction (ORP)

En rivière ou plan d'eau de bonne qualité, l'ORP doit s'élever à 300 et 500 mV. Une faible valeur d'ORP témoigne d'une insuffisance de décomposition d'éléments présents dans l'eau et de leur accumulation nocive à la vie aquatique. Les résultats obtenus pour les trois stations indiquent des valeurs très faibles en potentiel redox, ce qui témoigne que le milieu est réducteur, ce paramètre vient de confirmer les résultats du paramètre précédent, qui prouve que les eaux ont une oxygénation insuffisante.

❖ La salinité

La salinité représente la concentration en sels minéraux dissous dans l'eau (RODIER, 1996). Elle est exprimée en g/l de NaCl.

Nos résultats montrent que l'eau est saumâtre car la teneur en NaCl est en moyenne de 1.1g/l, avec un minimum de 0.7 g/l et un maximum de 1.4 g/l.

❖ La conductivité électrique

La mesure en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm (micro ou milli Siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Celui-ci mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes séparées par un cube de 1cm x 1cm d'eau.

La conductivité permet d'apprécier globalement l'ensemble des produits en solution dans l'eau.

La mesure de la conductivité est un moyen assez simple de détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution. Une charge importante de pollution organique augmente la conductivité.

La valeur de conductivité est en moyenne de l'ordre de 250 ± 164 mS/cm. Les eaux restent faiblement conductrices, ce qui confirme une minéralisation réduite dans les trois stations.

❖ Les nitrites NO_2^-

Dans l'eau, les nitrites sont toxiques pour les organismes aquatiques surtout lorsque le pH de l'eau est inférieur à 7. Les valeurs résultantes indiquent un taux élevé des nitrites dans la station 1 (0.90 mg/l) et la station 02 (0.59 mg/l) alors que la valeur de 0.054 mg/l est enregistrée normale dans la station 3. L'utilisation d'engrais et de pesticides dans les terrains agricoles avoisinants expliquent ces taux élevés de nitrites.

❖ Les nitrates NO_3^-

Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification.

Les nitrates stimulent la flore aquatique en présence d'autres éléments indispensables et augmentent la productivité du cours d'eau mais cette végétation en excès peut se révéler encombrante et nuisible, un phénomène connu sous le terme d'eutrophisation (ARRIGNON, 1976).

La moyenne des trois sites est de 1.86 ± 1.20 mg/l. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0,45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux

aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture. Les valeurs enregistrées (Tab. 3) témoignent à leur tour d'une forte pollution.

❖ La dureté calcique

Une eau est dite douce ou dure selon sa charge en calcium et en magnésium. La somme des deux éléments constitue le Titre Hydrotimétrique qui s'exprime en degrés français (symbole °f ou °fH) sur une échelle de 0 à 40. (1°f = 4mg/l de calcium ou 2,4mg/l de magnésium). Une dureté est considérée comme faible avec une valeur TH inférieure ou égale à 5 °F et le taux de CaCO₃ est inférieur à 50 mg/l, alors que la dureté est forte quand le TH est supérieur à 20 °F et le CaCO₃ est supérieur à 200 mg/l (SEQ-Eau, 2003).

Les résultats de mesure de la dureté calcique de l'eau indiquent une valeur de CaCO₃ relativement élevée de 145 mg/l dans la station 1, située le plus en aval, ce qui traduit la dureté de l'eau. Pour les deux stations 2 et 3, l'absence ou/la présence en quantité négligeable et non détectable de magnésium et de calcium dans l'eau est vraisemblable. Ceci pourrait probablement être lié à une erreur de manipulation au laboratoire au moment de l'analyse (l'échantillon n'ayant été correctement agité).

Les eaux du bassin versant de la Tafna sont bien connues pour leur forte dureté calcique et essentiellement dans la partie aval et les trois stations sont relativement proches situées à une dizaine de kilomètres l'une de l'autre. Ce paramètre ne permet pas de tirer une interprétation fiable et nécessite une confirmation à l'avenir.

III.3. Détection des HAP

III. 3.1. Evaluation qualitative des HAP (s) par spectroscopie de Résonance magnétique nucléaire

Nous avons suivi les recommandations de Pr ZIANI CHERIF, l'analyse RMN n'a été réalisée que pour les échantillons des sédiments et des espèces benthiques sentinelles, après extraction solide-liquide par deux solvants organiques seulement.

Les résultats obtenus sous forme de graphes (annexe 1) ont été interprétés et regroupés dans le tableau 05, indiquant la présence ou l'absence des aromatiques dans un mélange complexe.

Tableau 5 : Résultats obtenus par RMN, indiquant la présence des hydrocarbures aromatiques

Echantillon	Type de solvant d'extraction	Station 01	Station 02	Station 03
Sédiment	Hexane	Présence en faible quantité	Présence de traces	Présence en faible quantité
	Acétonitrile	Absence	Absence	Absence
Ephéméroptères	Hexane	Absence	Présence en faible quantité	/
	Acétonitrile	Absence	Absence	//
Chironomes	Hexane	Présence en faible quantité	/	Présence en faible quantité
	Acétonitrile	Absence	/	Absence
Trichoptères	Hexane	/	Présence de traces	/
	Acétonitrile	/	Absence	/

Les deux solvants d'extraction ont donné des résultats différents. Destinés à révéler la présence des HAP, nous remarquons que l'extrait Hexane des sédiments et spécimens contient les molécules aromatiques alors que le solvant Acétonitrile ne dégage pas la présence d'HAP dans aucun échantillon.

En se basant essentiellement sur le solvant Hexane, la présence d'HAP est potentielle à de faible quantité dans les sédiments de la station 01 et la station 03 et sous forme d'éléments traces dans les sédiments de la station 02.

Pour les groupes sentinelles, des différences sont notées entre stations. La station 01 affiche l'absence des HAP chez les Ephéméroptères et leur présence chez les Diptères Chironomes. La station 03 marquée essentiellement par les Diptères Chironomes laisse apparaître la présence des hydrocarbures aromatiques en faible quantité.

Partant des résultats obtenus à partir d'un seul solvant Hexane, la présence en faible quantité est plus que probable dans la basse Tafna aussi bien dans les sédiments que chez les groupes sentinelles.

III.3.2. Détection des HAP par HPLC /UV

Nous avons procédé au dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques, dans l'eau brute, ainsi que les sédiments et les tissus biologiques.

Nous avons utilisé un autre solvant qui est l'eau distillée, pour l'extraction des HAP L'eau brute n'a pas subi une extraction par solvant.

Tous d'abord, nous avons procédé à l'analyse par spectrométrie UV-Visible, et ce, pour les valeurs des λ max, qui sont nécessaires pour l'interprétation de la HPLC (Fig. 19, 20 et 21). A cause de non disponibilité des étalons Standards des HAP, au laboratoire de catalyse et synthèse en chimie organique (LCSCO) et malgré tous nos efforts pour chercher des standards auprès des autres laboratoires, malheureusement, on n'a pas pu contribuer à la réalisation de cette technique d'analyse (HPLC).

Nous avons procédé au dosage d'un seul standard qui est le Standard de Naphtalène (Fig. 19), mais les résultats obtenus pour l'analysat « eau » (Fig. 20) et celui du sol de la station 2 se sont avérés négatifs pour ce dosage (Fig. 21).

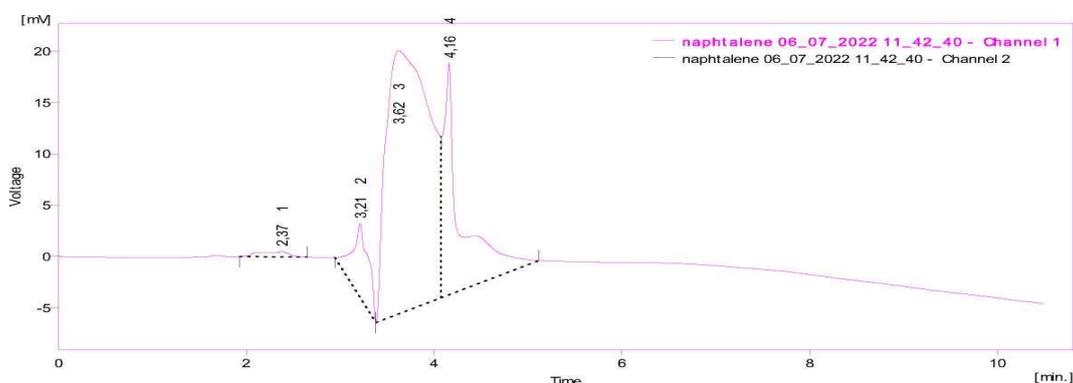


Figure 20 : Dosage du Standard Naphtalène 1

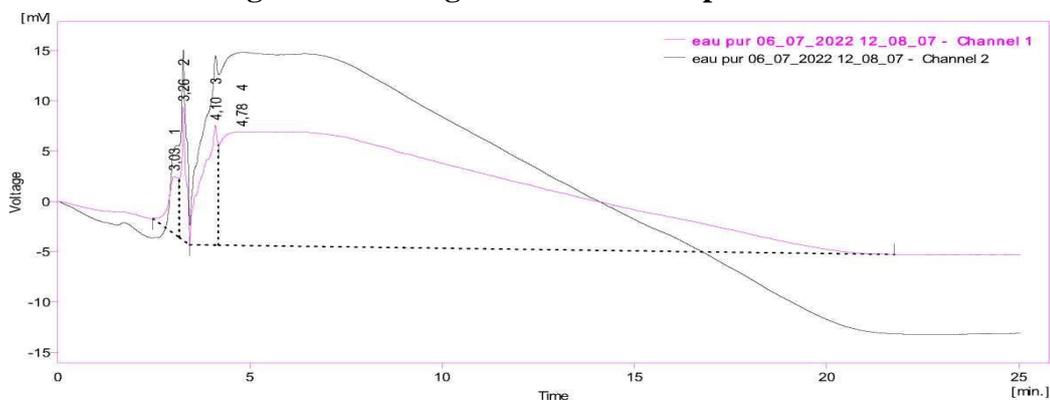


Figure 21 : Injection de l'eau pure/station 01

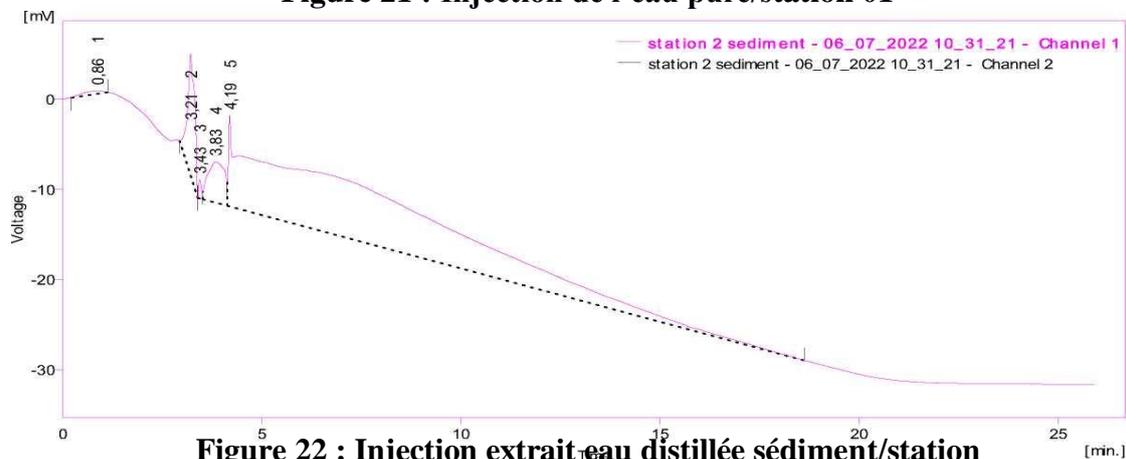


Figure 22 : Injection extrait eau distillée sédiment/station

III.3.3 Détection par Ultraviolet visible

La chimie analytique utilise souvent la spectrométrie UV-visible comme méthode de dosage de composés notamment par colorimétrie. Le principe du dosage fait appel à la loi de Beer-Lambert qui établit une relation proportionnelle entre l'absorbance et la longueur d'onde donnée ainsi que la concentration du composé étudié.

Avec la spectrométrie UV-visible, on n'a pas pu faire une analyse quantitative à cause de l'indisponibilité des étalons pour mesure des concentrations de chaque extrait.

On a analysé les extraits pour les identifier et essayer de les quantifier à chaque longueur d'onde correspondante en se référant aux Standards Naphtalène.

Avec ce type d'analyse nous avons obtenues des tableaux sous forme de documents Excel que nous voulons le représenter sous forme de graphes.

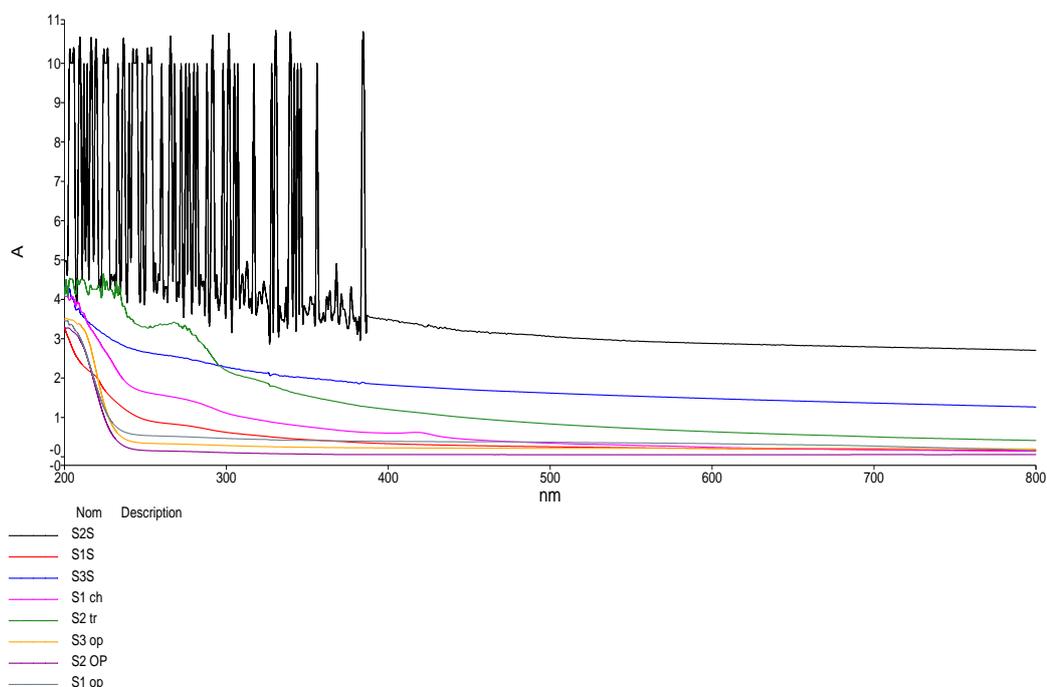


Figure 23 : Absorbance et longueur d'ondes

La Figure 22 présente la variation des longueurs d'ondes en fonction de l'absorbance de la molécule cible le Naphtalène pour les huit échantillons analysés. La zone de forte oscillation est enregistrée à moins 400nm c'est-à-dire dans le domaine des UV pour le sédiment de la station 2. De faibles oscillations sont également notées pour l'échantillon Trichoptères de la station 2 dans un spectre UV de moins 300nm.

Le reste des échantillons ne laissent apparaître aucune oscillation pour tout le spectre UV-visible.

Les trois courbes UV-visible de l'extrait eau distillée/ sédiment des trois stations (Fig. 23) permettent de confirmer des résultats négatifs.

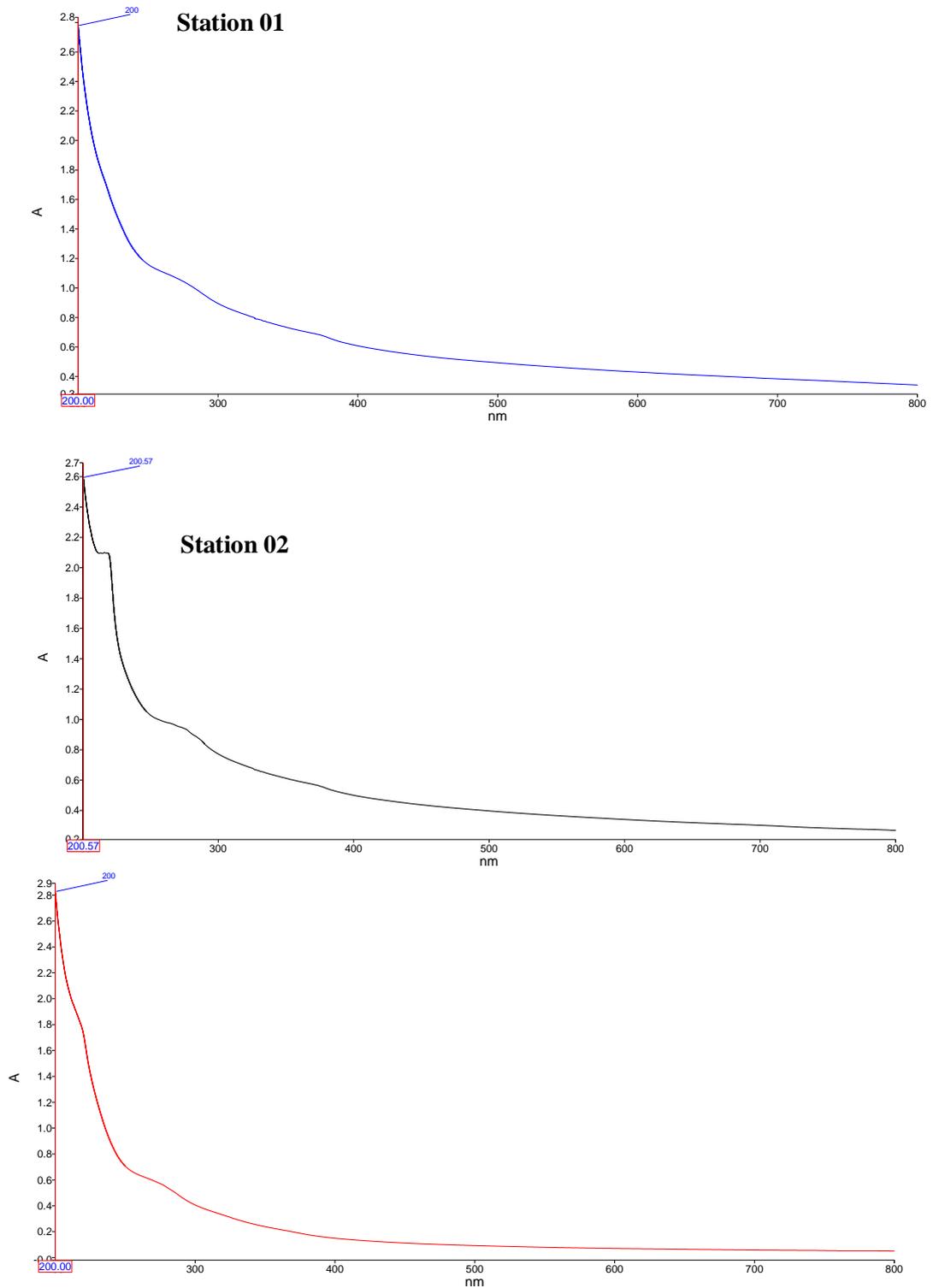


Figure 24 : Courbe UV-visible extrait eau distillée/ sédiment des trois stations

Avec le même procédé, les courbes de l'extrait eau distillée/chironome et celle des Trichoptères (Fig. 24 et 25) affichent des pics mais ces résultats insuffisants ne permettent de fournir des interprétations fiables.

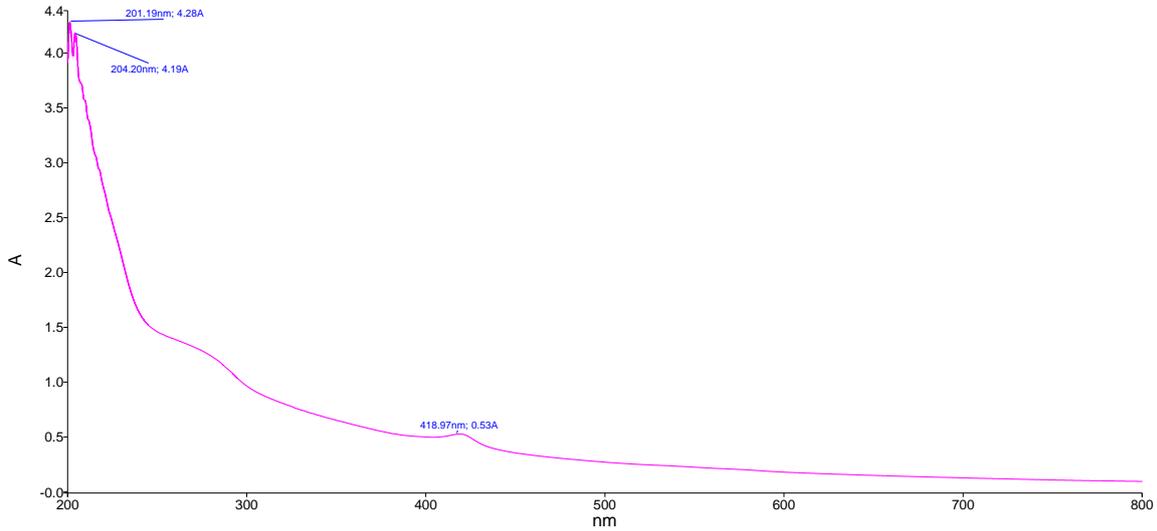


Figure 25 : UV-visible extrait eau distillée/chironomes au niveau de la station 01

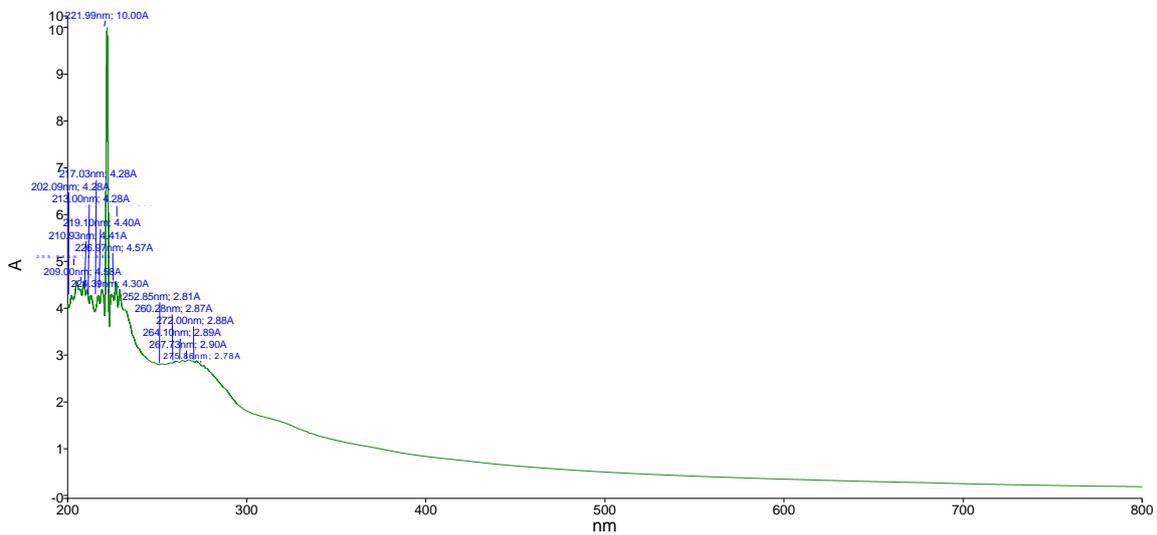


Figure 26 :UV-visible extrait eau distillée/trichoptère au niveau de la station 02

Les résultats obtenus à partir des échantillons d'eau (Fig.26) ne révèlent également aucuns résultats fiables.

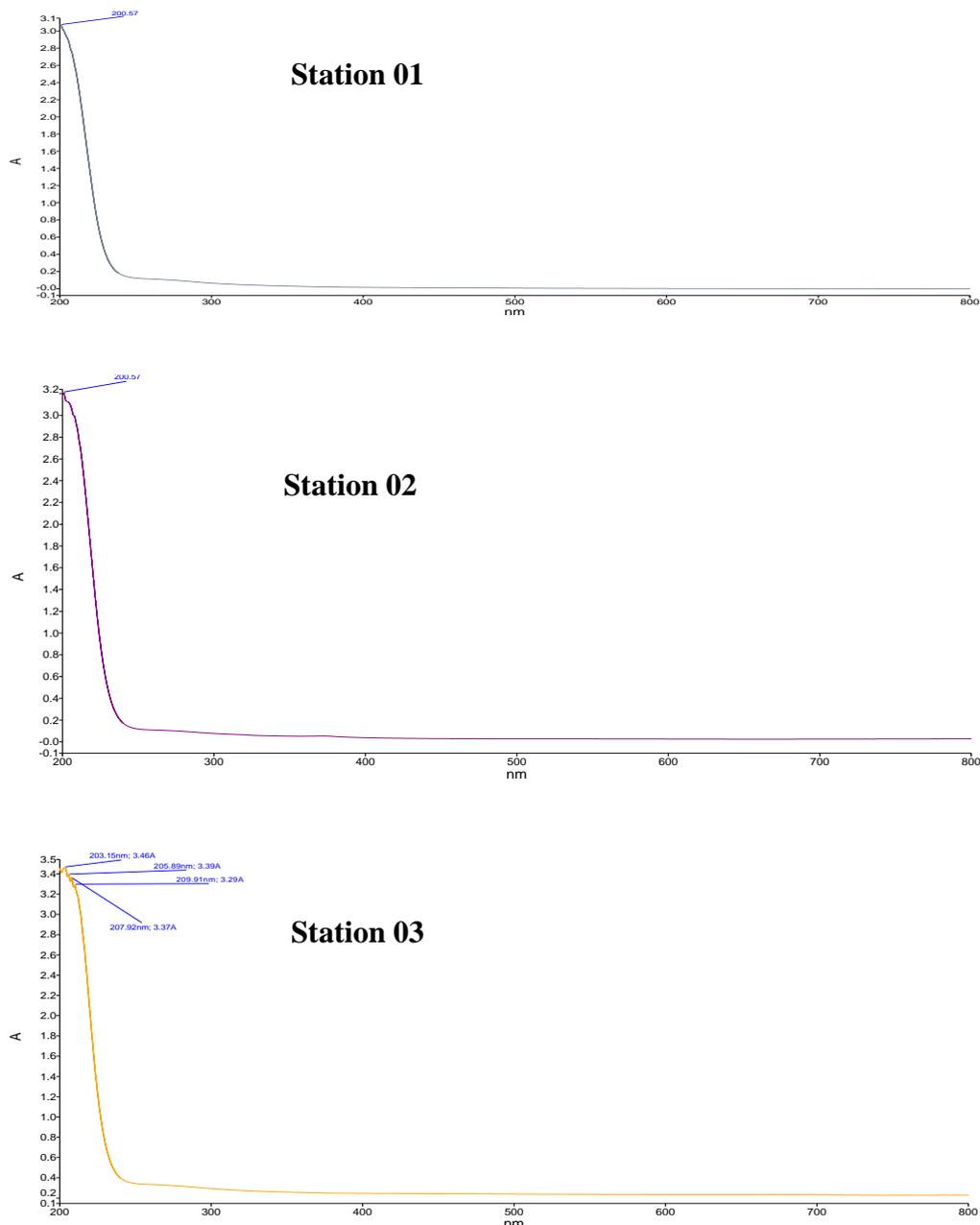


Figure 27 : UV-visible Eau pure des trois stations

En conclusion, nous avons utilisé ces trois méthodes pour pouvoir détecter les résultats trouvés, mais malheureusement la méthode d'analyses HPLC était négative, et ce pour cause de la non disponibilité des étalons standards pour dosage des HAP. D'autre part, on a essayé de d'évaluer la teneur en HAP avec spectrométrie UV visible, mais c'est toujours la non disponibilité des étalons pour mesure des concentrations. Seuls les résultats de la méthode RMN, qui nous ont révélé la présence des hydrocarbures aromatiques dans les différents échantillons benthiques et les sédiments.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre présent travail, nous a permis d'évaluation qualitative de la contamination par les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les trois compartiments environnementaux : eau, sédiments, et groupes sentinelles (Ephéméroptères, Trichoptères et Diptères Chironomes).

Les résultats physico-chimiques indiquent que les milieux étudiés sont des milieux réducteurs, en raison des taux très réduits en oxygène dissous et en potentiel redox enregistrés.

L'eau y est saumâtre, fortement chargée en composés ioniques (conductivités très faibles) et en nitrites provenant des engrais et produits pesticides utilisant dans les cultures des terrains avoisinants le cours d'eau.

La recherche bibliographique nous a conduit à l'utilisation des trois méthodes d'analyses, RMN, HPLC et spectrophotométrie UV-visible, les plus utilisées dans les dosages de la concentration des contaminants chimiques chez les organismes benthiques, considérés ainsi comme des outils les plus fiables pour l'évaluation de la contamination par les hydrocarbures.

Cependant, seule la méthode RMN nous a permis de déterminer la présence des molécules aromatiques dans deux réservoirs biotiques : le sédiment et les groupes sentinelles Trichoptères et Chironomes. Cependant, les deux autres méthodes n'ont pas fourni des résultats fiables, elles nécessitent alors un effort supplémentaire d'analyse avec plus d'investigations dans le temps.

A ce stade de l'étude, nous pourrions conclure que le risque de contamination chimique par les HAP pourrait être considéré comme un risque environnemental suspecté et des travaux dans l'avenir devrait être envisagées.

Des études complémentaires et plus poussées devront être réalisées, avec des approches de quantification, ce qui légitimerait les résultats obtenus dans le présent travail d'une part.

Comme, il serait intéressant de prospecter d'autres techniques d'analyses cas de chromatographie en phase gazeuse (CPG), aux résultats comparatives précis, et cela afin de révéler le taux de concentrations des HAP dans les réservoirs biotiques d'autre part.

Nos recommandations, pour anticiper les risques de pollution, et pour bénéficier de la meilleure qualité de vie des hydro systèmes aquatiques :

- la surveillance permanente des cours d'eau ; par les établissements étatiques responsables de la gestion des ressources en eau.
- la mise en œuvre de valeurs limites algérienne, établies pour hydrocarbures aromatiques polycyclique, dans les réservoirs biotiques.
- la mise en œuvre d'un plan d'action réglementaire pour préservation des cours d'eau.
- établir des procédés techniques pour l'épuration des cours d'eau.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Adamo R., Di Stasio M. et Fabbrochini A., 2008.** Migratory crustaceans as biomonitors of metal pollution in their nursery areas. The Lesina lagoon (SE Italy) as a case study. Environmental monitoring and assessment : 143, 15-24S.
- Albers P. H., 1995.** Petroleum and individual Polycyclic Aromatic Hydrocarbons . Florida : In Hoffman, D. J., Rattner, B. A., Burton, G. A. Jr., & Cairns, J. Jr., Handbook of ecotoxicology. Lewis, CRC Press, Boca Raton, pp. 330-355..
- AMAI., (1986a).** André Marsan et Associés Inc. «LaSalle Coke : étude de caractérisation» étude de caractérisation», préparée pour Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Montréal, QC
- AMAI., 1986b.** «Monsanto :étude de caractérisation», préparée pour Environnement Canada. Direction de la protection de l'environnement, Montréal, QC.
- Ayache F., 2007.** Les résineux dans la région de Tlemcen: Aspect écologique et cartographique. Thèse de Magistère. Université Abou BekrBelkaïd - Tlemcen. 223pp..
- Bachelot M., 2010.** Contamination de moules (*Mytilus* sp.) en milieu marin par des substances pharmaceutiques et produits de soin. Université Montpellier 1.
- Baldock J.A., Oades J.M., Waters A.G., Peng X., Vassallo A.M., Wilson M.A., 1992.** Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. Biogeochemistry 16, 1-42.
- Baniemam M., Moradi A.M., Bakhtiari A.R., Fatemi M.R., Khanghah K.E., 2017.** Seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the surface sediments of the southern Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 117: 478-485.
- Bauernfeind E & Soldan T., 2012.** The Mayflies of Europe (Ephemeroptera). Freshwater Reviews , 5: 169-170.
- Bebba N., Arab A., Arigue S.F. & El Alami M., 2015.** Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Epheméroptères de l'oued Abdi (Algérie). Journal of Materials Environment Science, 6 (4) : 1164-1177.
- Bebba N., 2017.** Impacte des paramètres environnementaux et distribution spatiotemporelle des Epheméroptères dans les Oueds de Biskra et Batna. Thèse de Doctorat. U FA S. 198 p.
- Belarbi F., 2010.** Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la Tafna. Mémoire de Magister Université de Tlemcen, 113 pp.
- Bemmoussat Dekkak, S. 2022.** Contribution à l'étude des communautés des trichoptères du bassin versant de la Tafna. Tlemcen, Algérie : Université Abou Bakr Belkaïd. Tlemcen. Laboratoire de Valorisation des actions humaines pour l'environnement, la protection et l'application dans la santé publique.
- Bendiouis-Chaoui-Boudghene Ch., 2015.** Caractérisation et modélisation des Simuliidés (Diptera : Simuliidae) du bassin versant de la Tafna. Thèse de Doctorat. Université Abou Bakr Belkaïd. Tlemcen.

- BENHADJI N., 2020.** Caractérisation taxonomique, phylogénétique des Ephéméroptères Schistonotes du bassin versant de la Tafna (Ouest algérien). Thèse de doctorat en écologie animale. Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen.
- BERTRAND H., 1954.** les insectes aquatiques d'Europe II. Encycl. Ent. A, 31, 547 pp. Paris.
- Bjorseth A. et T. Ramdhal., Handbook of Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy.** Biogeochemistry 16, 1–42., Handbook of Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy.
- Boening D.W., 1999.** An evaluation of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters. Environmental monitoring and assessment 55, 459-470.
- Bouanani A., 2004.** Hydrologie, transport solide et modélisation. Étude de quelques sous-bassins de la Tafna. Thèse de Doctorat. Université Tlemcen Algérie, 250 pp.
- Brittain J.E., 1982.** Biology of mayflies. Annual Review of Entomology, 27:119-147
- Brittain J.E. & Sartori M., 2003.** Ephemeroptera. In: Resh, V.H., Cardé, R. (Eds.), Encyclopedia of Insects. Academic Press, New York, pp. 373–380.
- Brulon M., 2008.** Mouche de mai et grands Éphémères de France. Insectes, n° 148 : 15- 18.
- Brulon M., 2007.** . Du côté des Éphémères : gros plan sur les Caenis. Insectes, n° 144 : 29-33.
- Bruner K. A., Fisher S. W., Landrum P. F., 1994.** The role of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, on contaminant cycling: I. The effect of body size and lipid content on the bioconcentration of PCBs and PAHs. Journal of Great Lakes Research 20(4).
- Burger J., Gochfeld M. et Jewett S., 2006.** Selecting species for marine assessment of radionuclides around Amchitka : planning for diverse goals and interests. Environmental monitoring and assessment 123, 371-391.
- Burgess R.M., Ahrens M.J., Hickey C.W., 2003.** Geochemistry of PAHs in aquatic environments: source, persistence and distribution. Series Ecological & Environmental Toxicological, PAHs: an ecotoxicological perspective. Editor: P.E.T. Douben, Wiley. I.
- Casas S., 2007.** Modélisation de la bioaccumulation des contaminants organiques (PCB, DDT et HAP) chez la moule *Mytilus galloprovincialis*, en milieu Méditerranéen. Direction des Opérations, Convention Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse n° 2006.
- Cresp A., 2009.** Présence et sources des hydrocarbures et sources des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le bassin d'Arcachon N° d'ordre : 3981. Thèse à l'université Bordeaux 1.
- CUMMINS K.W., 1979.** The natural stream ecosystem. In : Ward, J.V., Stanford, J.A. (Eds.). The Ecology of Regulated Streams. Plenum Press, New York, pp 7-24.
- Dekker M., 1985.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. New York, NY : vol. 2, 416 p.
- Desalme D., 2011.** Contamination atmosphérique par les hydrocarbures aromatiques polycycliques : toxicité et devenir du phénanthrène dans des systèmes sol-plante-microorganismes. Thèse de doctorat. Université de Franche-Comté-France. Pages : 125.

- El Alami M., 2002.** Taxonomie, écologie et biogéographie des Ephemeroptères du Rif (Nord du Maroc). Thèse de Doctorat. Université Abdelmalek Essaadi. Faculté des Sciences, Tétouan, Maroc, 402p.
- Elouard J.M., Gattolliat J.L., Sartori M., Ollariyony R., 2001.** Ordre des Ephemeroptères. Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement : 77-81.
- EPA., 1982.** «An Exposure and Risk Assessment for Benzo(a)pyrene and Other Polycyclic Aromatic Hydrocarbons». Office of Water Regulations and Standards, EPA/440/4-85-020, Washington, DC ,
- Edwige G., 2007.** Utilisation de biomarqueurs cellulaires chez plusieurs espèces d'invertébrés pour l'évaluation de la contamination des milieux dulçaquicoles.. Ecologie, Environnement. Université de Metz. Français
- Faessel B., 1985.** Les Trichoptères Données biologiques, éthologiques et écologiques Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France - Bull. Fr. Pêche Piscic. 1985 - 299 : 1-141.
- Gabets., 2004.** Remobilisation d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) présents dans les sols contaminés à l'aide d'un tensioactif d'origine biologique. Thèse de Limoge.
- Cédric H & Gaëlle., 1999.** Bilan bibliographique de deux ordres de larves d'insectes aquatiques, les Ephemeroptères et les Trichoptères : systématique, écologie, biologie et répartition. Université de la réunion, maîtrise de biologie des populations.
- Gattolliat J.L., Cavallo E., Vuataz L. et Sartori M., 2015.** 43. DNA barcoding of Corsican mayflies (Ephemeroptera) with implications on biogeography, systematics and biodiversity. *Arthropodsystematic& phylogeny*,73 (1): 3 -18.
- Grundy M. M., Moore M. N., Howell S. M., & Ratcliffe N. A., 1996a..** Phagocytic reduction and effects on lysosomal membranes by polycyclic aromatic hydrocarbons, in haemocytes of *Mytilus edulis*. *Aquatic Toxicology* 34: 273-290.
- Grundy, M. M., Ratcliffe, N. A., & Moore, M. N. 1996b.** Immune inhibition in marine mussels by polycyclic aromatic hydrocarbons. *Marine Environmental Research* 42: 187-190.
- Haouchine S., 2011.** Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Mémoire de Magister En Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
- Hyatt A. & Arms J.M., 1890.** Ephemeroptera. In *Guides for Science-Teaching*. No. VIII. Insecta. Boston Society of Natural History. Boston, pp: 69–72.
- Jackson R.E., Patterson R.L., Graham B.W., Bahr J.M., Bélanger D., Lockwood J. et Priddle M., 1986.** Priddle, «Hydrogéologie des contaminants organiques toxiques à un site d'enfouissement, Gloucester (Ontario) 1. Propriétés chimiques et évaluation du site». Direction générale des eaux intérieures, Institut national de recherches en hydrologie, n° 23, Burlington, Ont., 118 p.
- Jacquemin, G., 2001.** Les Ephemeroptères en Lorraine. Etat de l'inventaire, Utilisation comme bio-indicateurs, Préservation. (INSECTA, EPHEMEROPTERA). Biologie des Insectes. Laboratoire Biologie expérimentale-Immunologie, Université H. Poincaré, Nancy 1.

- Kaiser J. 2001.** Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment. (Enfield: Sciences publishers inc.).
- Karacik B., Okay OS., Henkelmann B., Bernhöft S., Schramm KW.,2009.** Polycyclic aromatic hydrocarbons and effects on marine organisms in the Istanbul Strait. *Environment International*, 35(3): 599-606, . Polycyclic aromatic hydrocarbons and effects on marine organisms in the Istanbul Strait
- Knicker, H., 2004.** **Stabilization of N-compounds in soil and organic-matter-rich sediments** .Stabilization of N-compounds in soil and organic-matter-rich sediments .
- Kogel-Knabner, I., 1997.** 13C and 15N NMR spectroscopy as a tool in soil organic matter.
- Kogel-Knabner I., 2000.** Analytical approaches for characterizing soil organic matter. *Org.*
- Law R. J., Kelly C. A., Nicholson M. D., 1999.** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in shellfish affected by the Sea Empress oil spill in Wales in 1996. *PolycyclicAromatic Compounds* 17: 229-239.
- Lu X.Q., Hanna J. V, Johnson, W.D., 2000.** Elemental composition, solid state 13C CP/MAS NMR and Py-GC/MS study. *Appl.Geochemistry* 15, 1019–1033.
- Masselot G. &Brulin M., 1996.** Inventaire des Éphémères de France. Protection de l'environnement. *Insectes*. 103 : 7- 9.
- Markert B.A., Breure A.M. et Zechmeister H.G., 2003.** Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. *Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications*, B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Z.
- McElroy A. E., Farrington J. W. & Teal J. M., 1989.** In *Metabolism of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment*. In: *Metabolism of PAHs in the aquatic environment*, Varanasi, ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 1-39.
- Menetrey N. (2008).** Existe-t-il des bioindicateurs pour évaluer la qualité écologique des petits plans d'eau ? Université de Genève, Cercl'eau, 39p.
- Minier C., Bocquené G., Jaouen A., Guyot T., Tutundjian R., Miramand P., Abarnou A., Leboulenger F., 1998.** Mesure des contaminants et suivi des biomarqueurs de pollution chez la moule *Dreissenapolyomorphaen* Seine Aval fluvial. Séminaire Seine Aval.
- Moisan J., Gagnon E., Pelletier L &Piedboeuf N., 2010.** Guide d'identification des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du QuébecSurveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère développement durable, de l'Environnement et des Parcs:82 p.
- Nicolas P., 2005.** Effets biologiques d'une exposition par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (ha.p) sur une espèce bioindicatrice, *myaarenaria*.
- Oehlmann J et Schulte-Oehlmann U., 2003.** Molluscs as bioindicators. *Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications*, B.A. Market, A.M. Breure, H.G. Zechmeister.Editors (Amsterdam : Elsevier Science Ltd.), pp. 577-635.
- Ramade F., 1992.** . Précis d'écologie. Masson, Paris. 300 pp.

- Rao J.V., Kavitha P., Srikanth K., Usman P.K. et Rao T.G., 2007.** Environmental contamination using accumulation of metals in marine sponges. *Sigmadociafibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India : Toxicological and environmentalchemistry 89, 487-498.
- RDRC (Resources Development Research Centre), 1987.** «National Overview of Abandoned Coal Gasification Works in Canada». Rapport du Resources Development Research Centre de l'université Carleton, pour Environnement Canada, Conservation et Protection, Ottawa, Ont., 51 p.
- Roussel B.T., 2002.** Contribution à l'étude de la partition des HAP entre les phases gazeuse et particulare : validation de la technique de prelevement par tube denuder annulaire. Thèse d'Université de Province-Aix-Marseille., pp.209.
- Sammarco P.W., Hallock P., Lang J.C. et Le Gore R.S., 2007.** Roundtable discussion groups summary papers: environmental bio-indicators in coral reef ecosystems: the need to align research, monitoring, and environmental regulation. *Environmental bio-indicators in coral reef ecosystems: the need to align research, monitoring, and environmental regulation. Environmentalbioindicators*2, 35-46, 20
- Sellam N., Viñolas A., Fatah Z & Moulai R. 2016..** L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualité des eaux de quelques Oueds en Algérie Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 80 : 47-56
- Slooff W., Janus J.A., Matthijsen A.J.C.M., Montizaan G.K. et J.P.M. Ros (eds.), 1989.** «Integrated Criteria Document PAHs». National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Buthoven, Netherlands, Report no. 758474011, 199 p.
- Smolders R., Bervoets L., Wepener V. et Blust R., 2003.** A conceptual framework for using mussels as biomonitors in whole effluent toxicity. *Human and ecologicalriskassessment*9, 741-760. Human and ecologicalriskassessment9, 741-760.
- Tachet H., Bournaud M et Richoux P., 1980.** Introduction à l'étude des macros invertébrées des eaux douces systématique élémentaire et aperçus écologique . Université, Lyon 1. Ass. Française de limnologie. 155p.
- Tecsult., 1989.** «Garde côtière canadienne - base de Sorel : étude de caractérisation complémentaire», préparée pour Transports Canada .
- Tolun L., Martens D., Okay OS., Schramm KW., 2006.** Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in coastal sediments of the Izmit Bay (Marmara Sea) : case studies before and after the Izmit Earthquake. *Environment International*, 32(6): 758-65.
- Van Coillie R., Bermingham N., Blaise C., R. Vezeau et Lakshuminaraganan J., 1990.** «Integrated Ecotoxicological Evaluation of Effluents from Dumpsites», in: *Advances of Environmental Sciences and Technology*, J.M. Wiley, New York, NY, 22:161-191.
- Vandermeulen J.H., 1989.** «PAH and Heavy Metal Pollution of the Sydney Estuary: Summary and Review of Studies to 1987». Rapport technique sur l'hydrographie et les sciences océaniques, n° 108 .

- Varanasi U., Relchert W.L. S. J. E., Brown D.W., Sanborn H.R. 1985.** Bioavailability and biotransformation of PAHs in benthic organisms exposed to desiment from an urban estuary. *Environmental Science & Technology* 19(836-841).
- Viaroli P., Bartoli M., Giordani G., Austoni M. et Zaldivar J.M., 2005.** Biochemical processes in coastal lagoons : from chemical reactions to ecosystem functions and properties. Indicators of stress in the marine benthos. IOC workshop report No. 195, pp. 27-30.
- Wakeham S.G., Schaffer C. et Giger W., 1980.** «Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Recent Lake Sediments - I. Compounds Having Anthropogenic Origins», *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 44:403-413.
- Wan M.T., 1991.** Railway Right-of-way Contaminants in the Lower Mainland of British Columbia: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, *J. Environ. Qual.*, 20:228-234.
- Wan M.T., 1993.** Utility Right-of-way Contaminants: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Environnement Canada, Conservation et Protection, région du Pacifique et du Yukon, North Vancouver, C.-B. (données inédites). Rapport d'évaluation 68.
- Warwick R., 2005.** Taxonomic distinctness as an indicator of stress in the marine macrobenthos.: Indicators of stress in the marine benthos, IOC workshop report No. 195, pp.10-11.
- Watts M. M. et Pascoe D., 2000.** A comparative study of *Chironomus riparius* Meigen and *Chironomus tentans* Fabricius (Diptera: Chironomidae) in aquatic toxicity tests. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 39, 299–306.
- Wiggins G.B., Mackay R. J., (1978).** Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera - *Ecology, Illinois Press. Urbana.* 59: 1211-1220.
- Wootton E. c., Dyrinda E. A., Pipe R.K. et Ratcliffe N. A., 2003.** Comparisons of PAH-induced immunomodulation in three bivalve molluscs. *Aquatic Toxicology* 65 : 13-25.
- Yadi H.B., 1991.** Nature et évolution de la matière minérale et organique dans le bassin de la Tafna (n. w. algerien). Diplôme de Magister en écologie animale option: hydrobiologie. Université de Tlemcen
- Yunker M.B., Macdonald R.W., Vingarzan R., Mitchell R.H., Goyette D., Sylvestre S., 2002.** PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochemistry* 33, 489– 515.
- Zrelli S., Bejaoui M., Boulaaba S. & Sartori M.; 2015.** Description et répartition de *Potamanthus luteus* Linnaeus 1767 (Ephemeroptera, Potamanthidae) en Tunisie. *Faunistic Entomology*, 68 : 223-228.

Web- graphie:

Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et de Chiroptères de Franche Comté. <https://cpepesc.org/> .Consulté le : 10 09 2022.

<https://espacepouurlavie.ca/file/5370>.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Chironomidae>.

(<https://inpn.mnhn.fr/>)

<https://espacepouurlavie.ca/file/5370>.

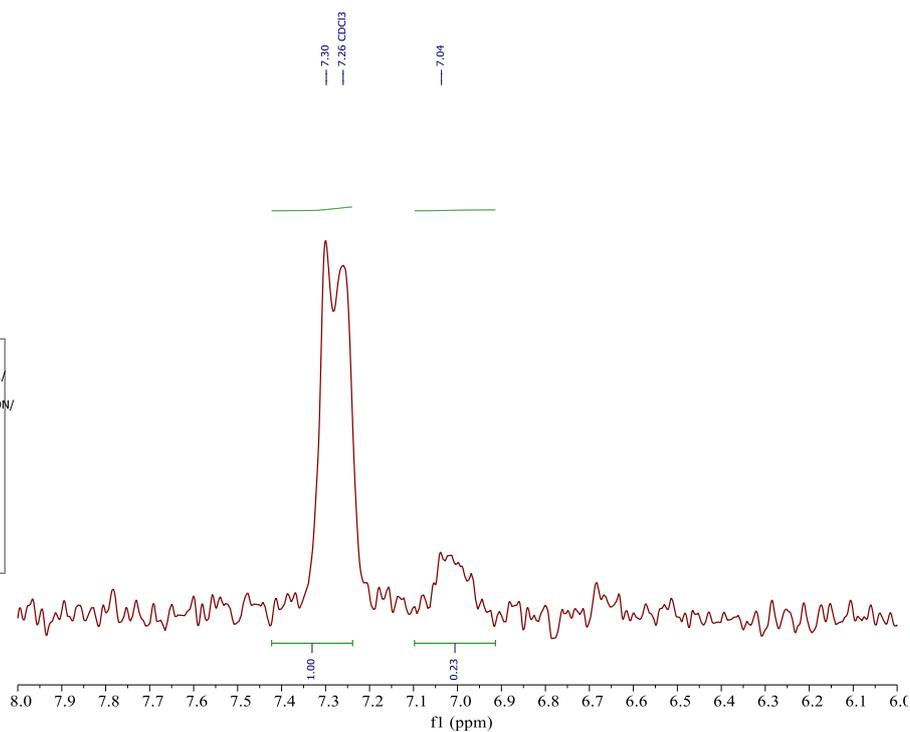
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Chironomidae>.

<https://doris.ffessm.fr/Especies/Trichoptera-ordre-larves-Larves-de-Trichopteres-2965>

Annexes

1D-1H-"PowerScan"

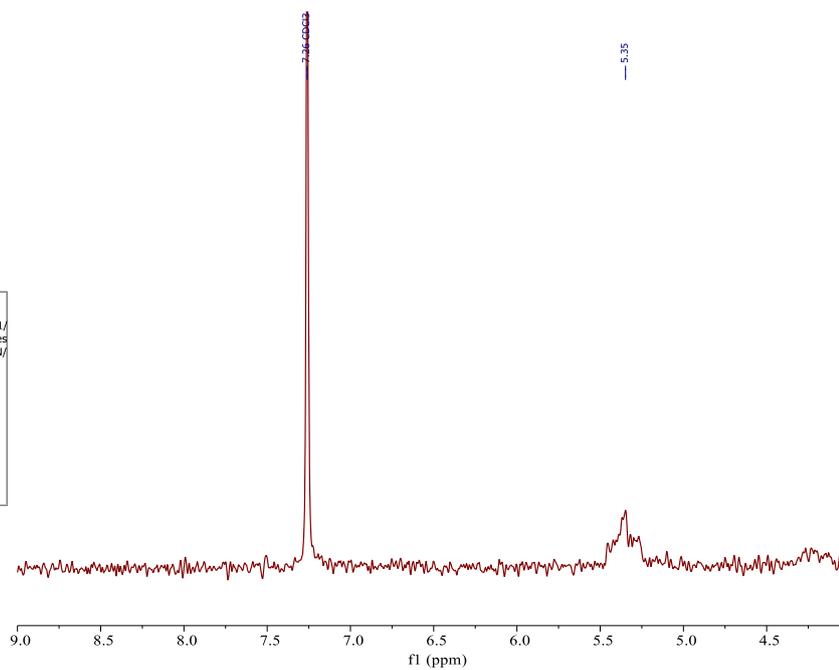
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 21/ 130226-Boukhari S1 Sédiment Hexane-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari S1 Sédiment Hexane
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-06-21T13:02:27.194
7 Total acquisition time (min)	9.879999999999999
8 Nucleus	1H



RMN /Sediment St1 /solvant Hexane

1D-1H-"PowerScan"

Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 21/ 134835-Boukhari S1 Chironomes MeCN-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari S1 Chironomes MeCN
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-06-21T13:48:36.418
7 Total acquisition time (min)	9.879999999999999
8 Nucleus	1H

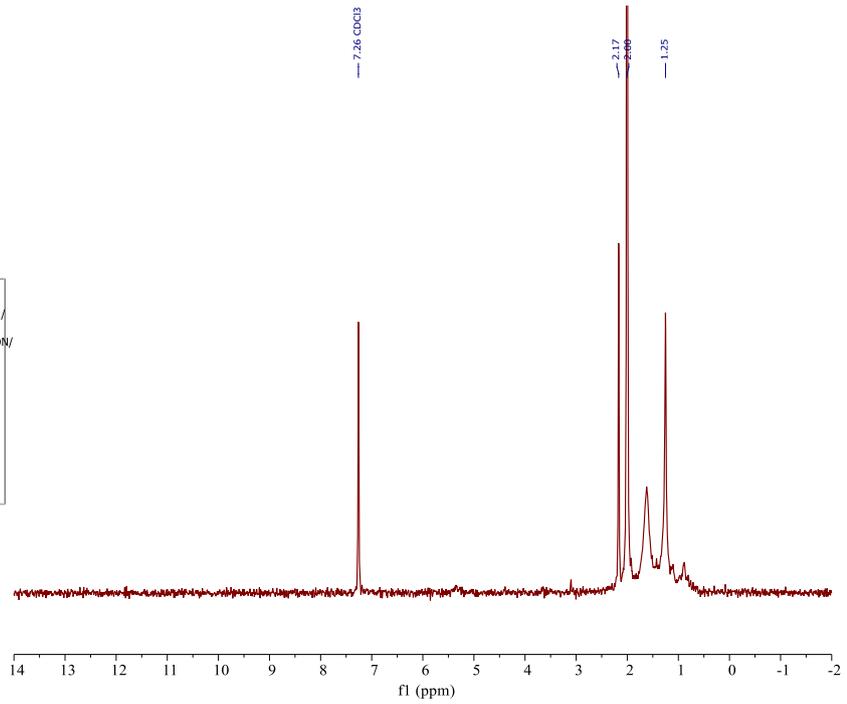


RMN /Chironomes St1 /solvant Acetonitrile



1D-1H-"PowerScan"

Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 21/ 150403-Boukhari S1 Ephem Hexane-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari S1 Ephem Hexane
5 Number of Scans	33
6 Acquisition Date	2022-06-21T15:04:04.441
7 Total acquisition time	8.13 (min)
8 Nucleus	1H

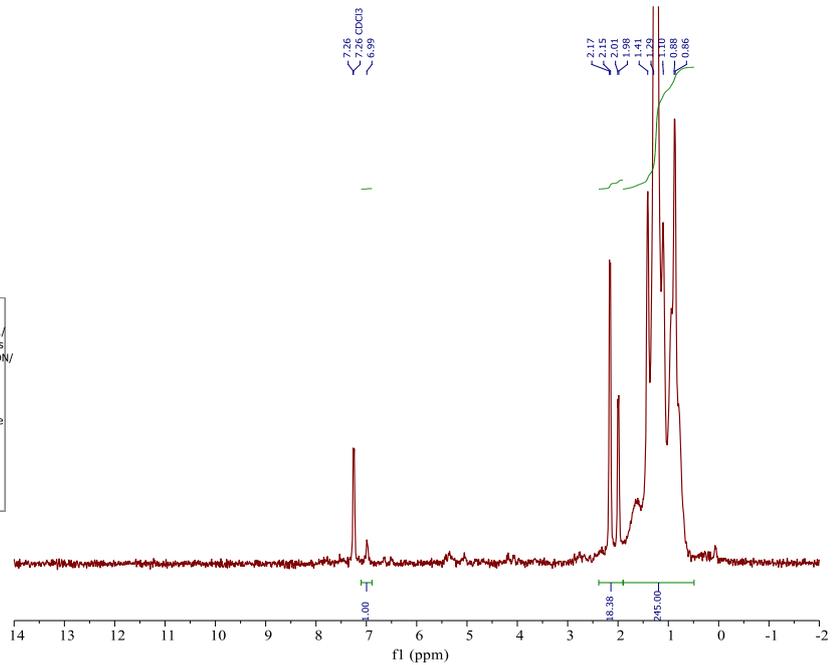


RMN /Ephémère St1 /solvant Hexane



1D-1H-"PowerScan"

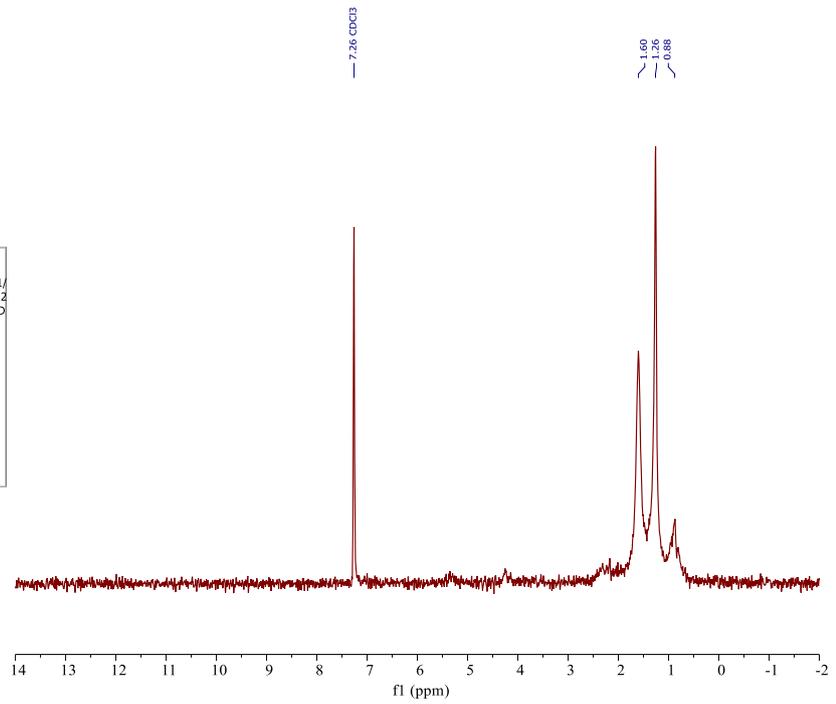
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 21/ 151413-Boukhari S1 chironomes Hexane-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari S1 chironomes Hexane
5 Number of Scans	23
6 Acquisition Date	2022-06-21T15:14:14.445
7 Total acquisition time	5.73 (min)
8 Nucleus	1H



RMN / Chironomes St1 /solvant Hexane

1D-1H-"PowerScan"

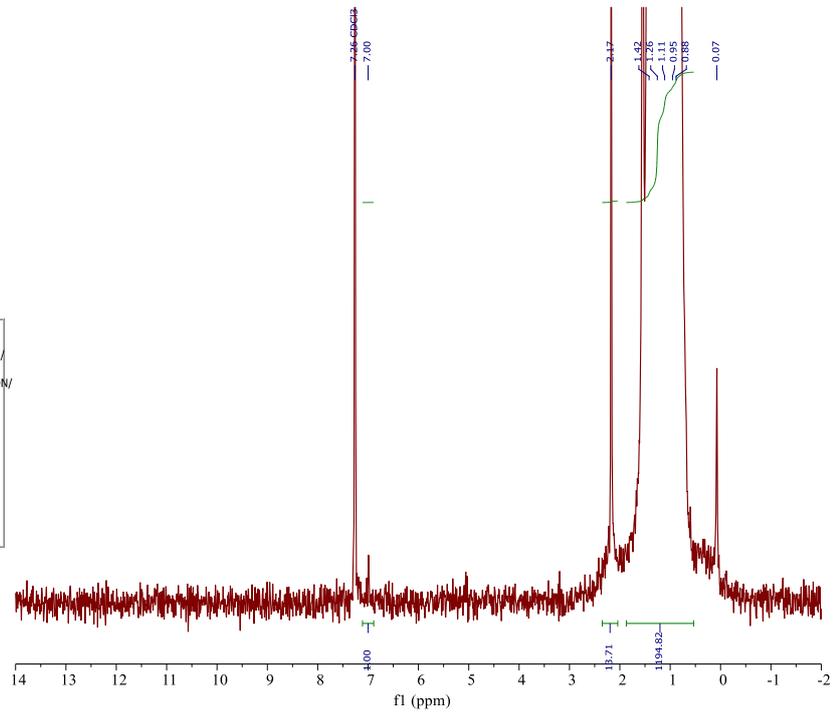
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 21/ 111000-Boukhari Asma Station 2 Sédiment MeCN-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari Asma Station 2 Sédiment MeCN
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-06-21T11:10:01.615
7 Total acquisition time (min)	9.879999999999999
8 Nucleus	1H



Grphe 03 :Station2/sédiment /solvant Acétonitrile

1D-1H-"PowerScan"

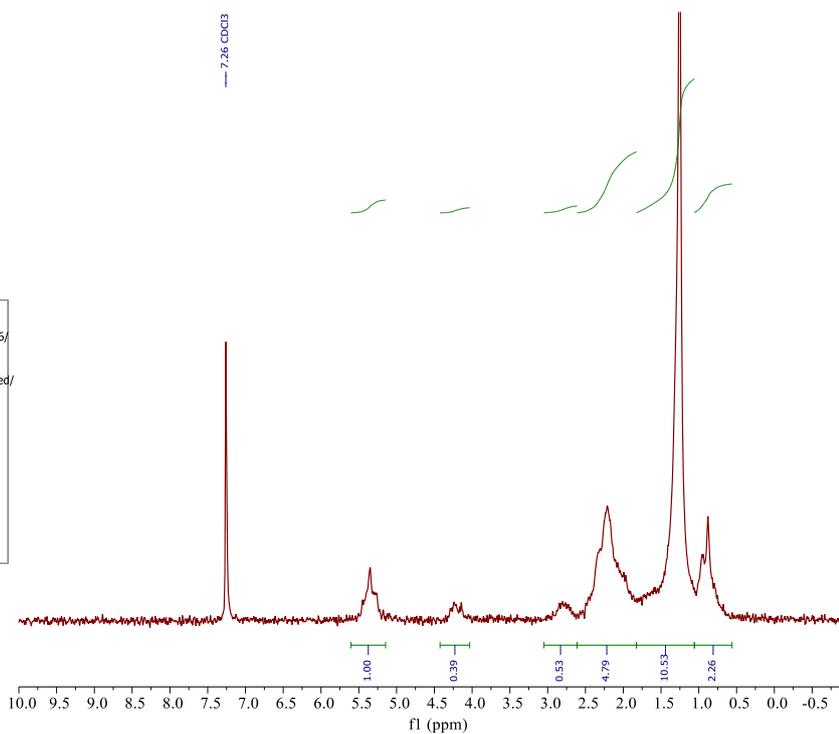
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 21/ 140147-Boukhari S2 Sédiments Hexane-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari S2 Sédiments Hexane
5 Number of Scans	25
6 Acquisition Date	2022-06-21T14:01:47.881
7 Total acquisition time (min)	6.13
8 Nucleus	1H



Grphe 04 :Station2/sédiment /solvant Hexane

1D-1H-"PowerScan"

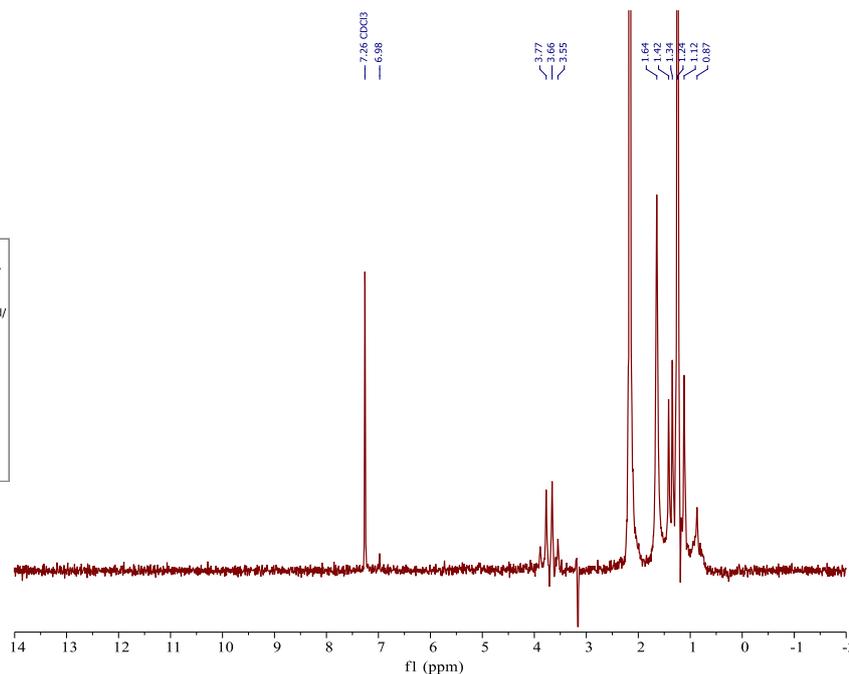
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 26/ 092552-Boukhari Asma S2 trichopten Acetonitrile-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari Asma S2 trichopten Acetonitrile
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-06-26T09:25:53.763
7 Total acquisition time (min)	8.799999999999999
8 Nucleus	1H



Trichoptère St2 /solvant Acétonitrile

1D-1H-"PowerScan"

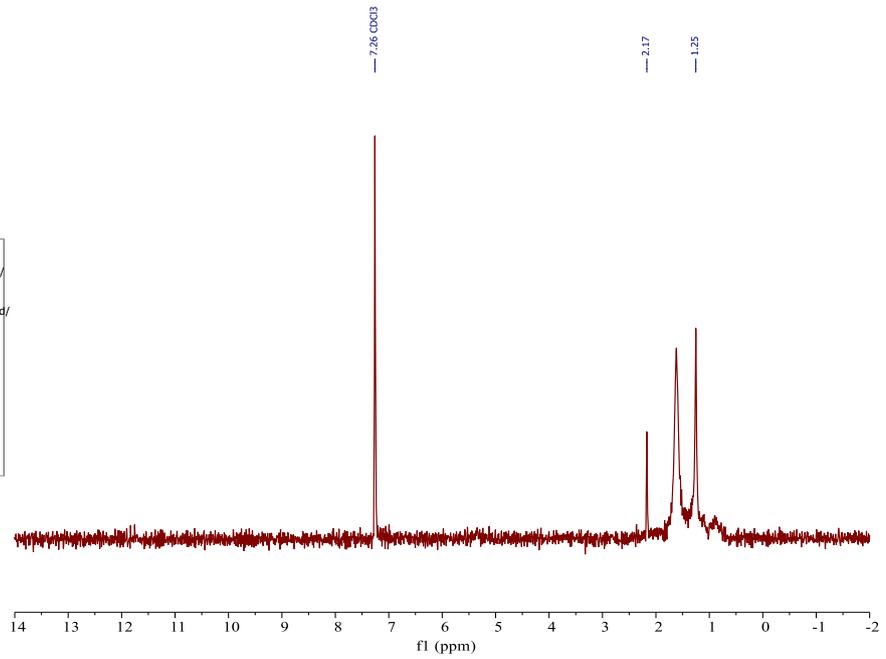
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 07/ 04/ 142129-Boukhari Asma S +2_tribopol_hexane-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari Asma S +2_tribopol_hexane
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-07-04T14:21:30.311
7 Total acquisition time (min)	9.879999999999999
8 Nucleus	1H



Trichoptère St2 /solvant Hexane

1D-1H-"PowerScan"

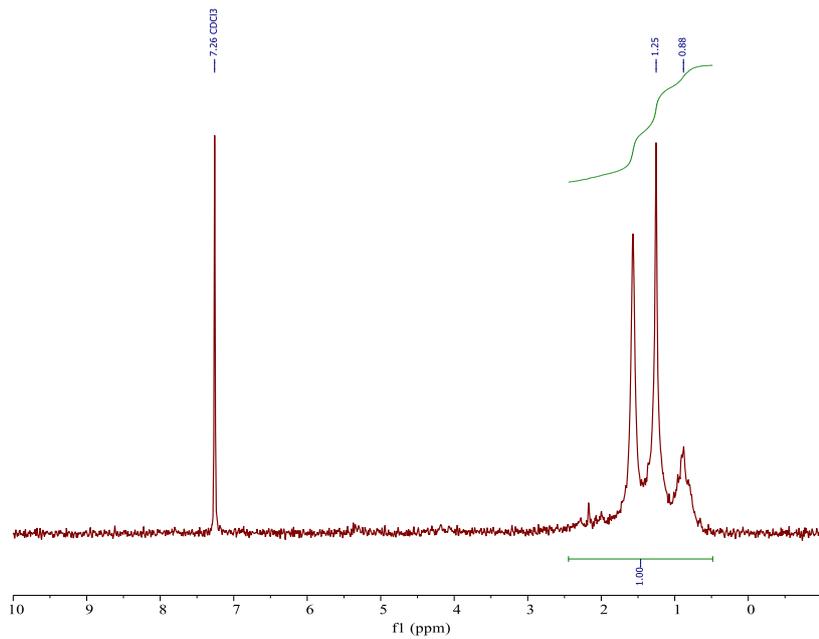
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 07/ 04/ 135043-Boukhari Asma S2_Ephem_Acétonitrile-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari Asma S2_Ephem_Acétonitrile
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-07-04T13:50:44.627
7 Total acquisition time (min)	9.879999999999999
8 Nucleus	1H



Ephéméropteres St2 /solvant Acétonitrile

1D-1H-"PowerScan"

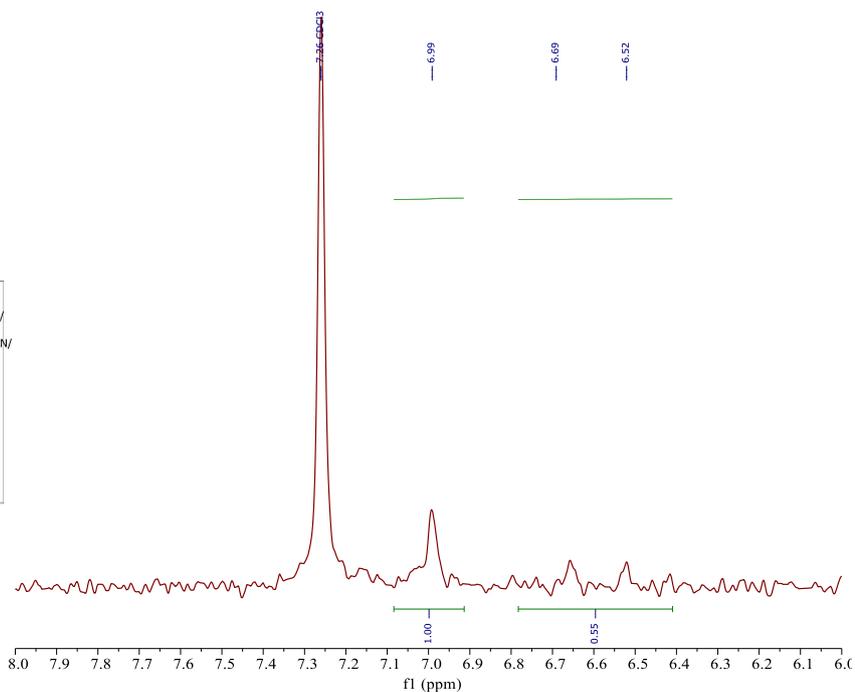
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 26/ 094336-Boukhari Asma S1 Sédiments Acétonitrile-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari Asma S3 Sédiments Acétonitrile
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-06-26T09:43:37.555
7 Total acquisition time (min)	9.879999999999999
8 Nucleus	1H



Sédiments St3 /solvant Acétonitrile

1D-1H-"PowerScan"

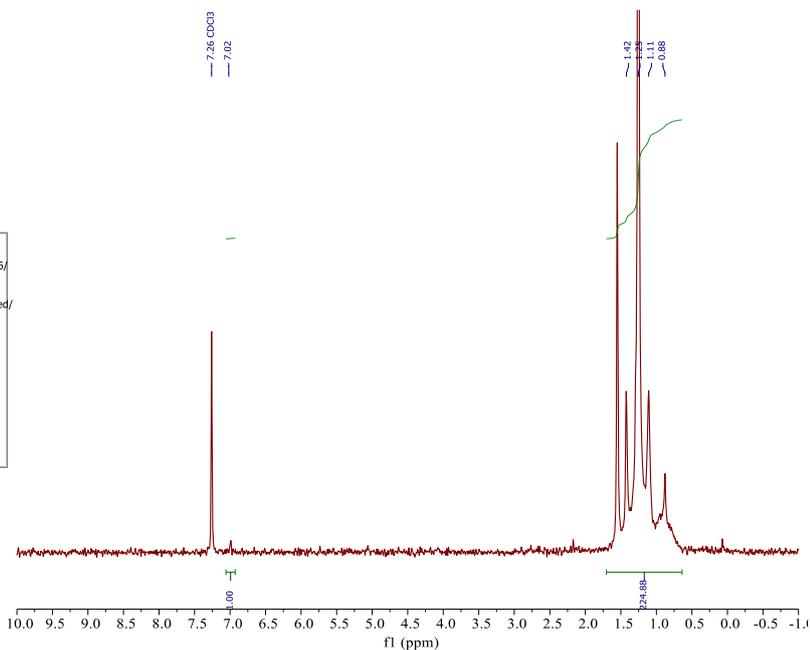
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 21/ 132319-Boukhari S3 Eph. Hexane-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari S3 Eph. Hexane
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-06-21T13:23:20.191
7 Total acquisition time (min)	9.879999999999999
8 Nucleus	1H



Grphe 04 :Station3/Epheroptere /solvant Hexane

1D-1H-"PowerScan"

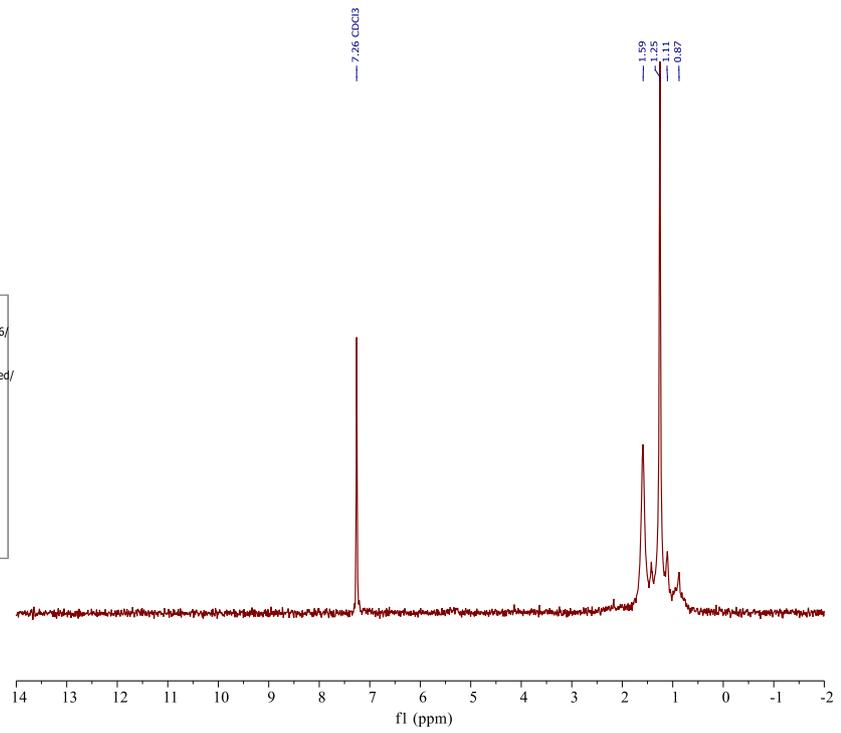
Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 26/ 085722-Boukhari Asma S3 Chironomes Hexane-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari Asma S3 Chironomes Hexane
5 Number of Scans	15
6 Acquisition Date	2022-06-26T08:57:23.260
7 Total acquisition time (min)	8.68
8 Nucleus	1H



RMN/ Chironomes St3 /solvant Hexane

1D-1H-"PowerScan"

Parameter	Value
1 Data File Name	c:/ projects/ data/ 2022/ 06/ 26/ 090523-Boukhari Asma S3 Chironomes Acetonitrile-1D PROTON-1D PROTON/ Enhanced/ data.1d
2 Spectrometer	SPINSOLVE 60 CARBON
3 Solvent	Chloroform
4 Sample	Boukhari Asma S3 Chironomes Acetonitrile
5 Number of Scans	40
6 Acquisition Date	2022-06-26T09:05:24.248
7 Total acquisition time (min)	0.8799999999999999
8 Nucleus	1H



RMN/ Chironomes St3 /solvant Acètonitrile

ملخص

لهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات موجودة في كل مكان في البيئة ويتم البحث عنها بنشاط بسبب إمكاناتها السمية. الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ، التي تشكل خطورة على الصحة لأنها مسببة للسرطان ، هي هيدروكربونات عطرية تتكون من عدة حلقات بنزين مرتبطة ببعضها البعض في أشكال مختلفة. يوصى بأخذ الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات الـ 16 في الاعتبار للدراسات البيئية لأن لها أولويات معينة سامة ومسرطنة ومطفرة. تأتي غالبية الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات من عمليات الانحلال الحراري وخاصة من الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية أو مركبات الكربون وتشغيل محركات البنزين ومحركات الديزل. الهدف من هذا العمل التمهيدي هو التقييم النوعي لتلوث المياه والرواسب وثلاث مجموعات حراسة من اللاقاريات المائية (Ephemeroptera و Trichoptera و Diptera Chironomids) بواسطة PAH(s) بشكل عام والنفثالين بشكل خاص باستخدام ثلاث طرق: NMR و HPLC والقياس الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية. تكشف تحليلات العينات المأخوذة من المحطات الثلاث في اتجاه مجرى نهر تافنا ، بفضل المذيب الهكسان ، عن احتمال وجود الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات في شكل آثار أو كميات صغيرة في الرواسب والمجموعات الحراسة. لذلك يُشتبه في خطر التلوث بالمواد الهيدروكربونية ، وبالتالي فإن تحليلات الكميات ضرورية في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: التلوث ، التلوث البيولوجي ، الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ، اللاقاريات الكبيرة ، الرواسب ، المياه ، تقنيات التحليل.

Résumé

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont omniprésents dans l'environnement et sont recherchés activement du fait de leur potentiel toxicologique. Les HAPs, dangereux pour la santé car cancérogènes, sont des hydrocarbures aromatiques constitués de plusieurs cycles benzéniques accolés selon, diverses formes. La prise en compte des 16 HAPs est recommandée pour les études environnementales car ils possèdent des priorités toxiques, cancérogènes et mutagènes certaines. La majorité des HAPs proviennent des processus de pyrolyse et en particulier de la combustion incomplète de la matière organique ou de composés carbonés et le fonctionnement des moteurs à essence et moteurs diesels. Le but de ce travail préliminaire est d'évaluer qualitativement la contamination de l'eau, les sédiments et trois groupes sentinelles d'invertébrés aquatiques (Ephéméroptères, Trichoptères et Diptères Chironomes) par les HAP(s) en général et le naphthalène en particulier en utilisant trois méthodes : le RMN, la HPLC et la spectrophotométrie par UV visible. Les analyses des échantillons prélevés dans les trois stations en aval de la Tafna révèlent grâce au solvant Hexane la présence potentielle des HAPs sous forme de trace ou en faibles quantités dans les sédiments et les groupes sentinelles. Le risque de pollution par hydrocarbures donc est suspecté, des analyses de quantification sont donc nécessaires à l'avenir.

Mots clés : basse Tafna, pollution, bio-contamination, HAP(s), macro-invertébrés, sédiments, eau ,techniques d'analyses.

Abstract

Polycyclic aromatic hydrocarbons are ubiquitous in the environment and are actively sought after due to their toxicological potential. PAHs, dangerous to health because they are carcinogenic, are aromatic hydrocarbons made up of several benzene rings joined together in various forms. Taking the 16 PAHs into account is recommended for environmental studies because they have certain toxic, carcinogenic and mutagenic priorities. The majority of PAHs come from pyrolysis processes and in particular from the incomplete combustion of organic matter or carbon compounds and the operation of gasoline engines and diesel engines. The aim of this preliminary work is to qualitatively assess the contamination of water, sediments and three sentinel groups of aquatic invertebrates (Ephemeroptera, Trichoptera and Diptera Chironomids) by PAH(s) in general and naphthalene in particular in using three methods: NMR, HPLC and visible UV spectrophotometry. The analyzes of the samples taken from the three stations downstream of the Tafna reveal, thanks to the solvent Hexane, the potential presence of PAHs in the form of traces or in small quantities in the sediments and the sentinel groups. The risk of pollution by hydrocarbons is therefore suspected, quantification analyzes are therefore necessary in the future.

Keywords: low Tafna, pollution, bio-contamination, PAH(s), macro-invertebrate, sediments, water, technical analysis.