

SOMMAIRE

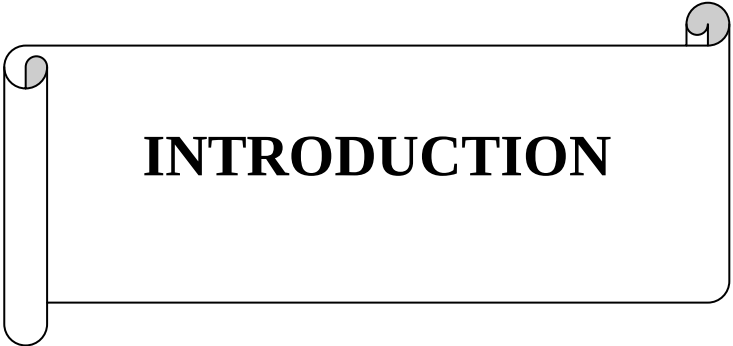
	Page
Introduction	1
ChapitreI : Analyse bibliographique.....	3
I-Rôle des macroinvertébrés.....	3
II-Le changement climatique	4
1-L'influence des facteurs climatiques sur les écosystèmes aquatiques	5
2- effets de la température sur la vie aquatique	5
3- effets des précipitations, le débit et la qualité de l'eau	6
4-L'influence du changement climatique sur la faune benthique	7
5-Impact de changement climatique sur la biodiversité	8
6-Impact de changement climatique sur la structure des communautés.....	8
ChapitreII : Etude du milieu physique.....	10
Caractéristique du milieu physique	10
1-Description du bassin versant.....	10
2-Géologie.....	10
2-1-Le primaire.....	10
2-2Le Secondaire	10
2-3-Le tertiaire	10
2-4-Le Quaternaire	10
3-Les terrasses.....	13
4- Pédologie.....	13
5- Végétation.....	13
6- Hydrologie.....	14
7-Description des stations.....	14
a-Station K1.....	15
b-Station T2.....	15

c-station T3	15
d- Station T4	16
e-station T6	16
f- station T7	17
g-Station T8.....	17
ChapitreIII : Matériels et méthodes.....	19
1-Méthodes d'analyse physico-chimique.....	19
1-1 La température	19
1-2 La conductivité	19
1-3 pH	19
1-4 L'oxygène dissous.....	19
1-5 DBO ₅	19
1-6 Les chlorures	19
2- Prélèvements faunistiques.....	19
3- Traitements statistiques et indices biologiques.....	20
3-1 Traitements statistiques.....	20
3-1-1 L'Analyse en Composantes Principales (ACP).....	20
3.1.2 - Analyse discriminante.....	20
3-1-3 Analyse factorielle des correspondances AFC.....	21
3-1-4 ANOVA	21
3-2 Les indices biologiques	21
3-2-1 Indice Biologique Global Normalisé (IBGN).....	21
3-2-2 Indice de Margalef.....	22
3-2-3 Indice de Shannon.....	22

3-2-4 L'indice d'équitabilité	23
Chapitre IV : Etude bioclimatique.....	24
I-Introduction.....	24
II-Etude climatique.....	24
a- Les facteurs climatiques	24
1-Température.....	24
1-1Températures moyennes mensuelles.....	24
1-2 Amplitudes thermiques.....	28
2- précipitations.....	29
Les régimes pluviométriques.....	29
1- Régime annuelle.....	29
2- Régimes mensuelles.....	30
3- Régime saisonnier.....	33
b- les indices climatiques.....	35
1- Diagramme ombrothermique de Bangnoul et Gaussen (1953).....	35
2-Indice d'aridité de Demartone.....	37
3- Quotient pluviométrique d'Emberger et Stewart.....	39
c- La variation des débits.....	40
III-Conclusion.....	42
Chapitre V : Résultats et interprétations.....	43
I-Données physico-chimique.....	43
1-Evolution spatial des paramètres physico-chimique.....	43
1-1Température.....	43
1-1 Oxygène dissous	43

1-3 pH	44
1-4 Conductivité	44
1-5 DBO ₅	45
1-6 Chlorures	45
2-Evolution temporelle des paramètres physico-chimiques	46
2-1 Température	46
2-2 Oxygène dissout	46
2-3 pH	46
2-4 Conductivité	46
2-5 DBO ₅	47
2-6 Chlorures.....	47
3-Analyse statistique (ACP)	47
II-Donnée faunistique	49
1- Composition de la faune benthique des stations d'étude	49
1-1 diptères	50
1-2 Ephéméroptères	51
1-3 Trichoptères	52
1-4 Coléoptères	53
1-5 Oligochètes	54
1-6 Mollusques	55
1-7 Odonates	56
1-8 Hétéroptères	57
1-9 Crustacés	57

2- Structure des communautés	58
2-1 Diversité	58
2-1-1 indice de Margalef	58
2-1-2 indice de Shannon	60
2-1-3 Indice d'équitabilité	61
2-1-4 Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)	62
2-2 Structure trophique des communautés	63
3- Variation spatio-temporelle de la faune (AFC)	65
3-1 variations spatiales de la faune	65
3-2 variations temporelles de la faune	68
III- Influence de quelques paramètres physico-chimique sur la répartition de la faune	70
a-Température	70
b-Oxygène dissout	72
d-DBO₅	74
IV- comparaison faunistique entre deux périodes (1980-2010).....	76
Discussion	78
Conclusion	84
Références bibliographique.....	86
Annexe	94



INTRODUCTION

Le changement climatique exerce sur les écosystèmes une influence qui varie d'une région à une autre, et qui peut conduire à des modifications sensibles dans la composition des espèces, des écosystèmes et à la disparition d'un nombre notable d'espèces en cas de changement persistant du climat. Le changement climatique va induire une augmentation des périodes hydro-climatiques exceptionnelles : l'augmentation des périodes de sécheresse et le manque d'eau, des canicules plus marquées ainsi que la précocité et l'allongement des durées de ces périodes.

Le changement climatique ne modifie pas seulement les systèmes physiques tels que les cours d'eau, mais influence également de nombreuses espèces qu'ils hébergent tels que les macroinvertébrés benthiques. À ce phénomène planétaire s'ajoutent et se combinent toutes les actions de l'homme, l'urbanisation, l'agriculture ou encore l'augmentation du nombre de barrages réservoirs dans certaines régions. Ce qui pourrait avoir des effets importants sur les processus d'eutrophisation des écosystèmes, tels que la productivité biologique et le métabolisme des cours d'eau, la toxicité des contaminants, et la perte de la biodiversité aquatique **(Kaushal et al 2010)**.

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques **(Dynesius et Nelson 1994)**, ils jouent un rôle dans la conservation de la biodiversité et le fonctionnement des organismes. À l'aide des macroinvertébrés benthiques on peut détecter des perturbations qui ont eu lieu même si elles ne sont plus présentes au moment de l'échantillonnage **(Chessman, 1995)**.

Jusqu'à présent, beaucoup d'études sur les macroinvertébrés du Nord d'Afrique ont été consacrées à la taxinomie ou la biogéographie, et les aspects écologiques, on cite parmi eux : **Ait Mouloud, 1981, Arab et Zebdi 1983 Gagneur et al. 1985, Boumaiza & Clergue-Gazeau 1986, Boumaiza & Thomas 1986, Malicky & Lounaci 1987, Bouzidi & Giudicelli 1987, Gagneur & Thomas 1988, Gagneur & Aliane 1991, Clergue-Gazeau et al. 1991, Moubayed et al. 1992, Boumaiza & Thomas 1995, Thomas 1998, Vaillant & Gagneur 1998, Samraoui et Menai 1999, Lounaci 2000, Mebarki 2001, Arab 2004, Lounaci et Vinçon 2005, Lounaci 2005, Moubayed et al 2007, Zerguine et al 2009, Yasri 2009, Hamzaoui 2009, Sekhi 2010,**

Les premières études faunistiques réalisées dans l'oued Tafna se sont focalisées sur certains groupes zoologiques et remontent aux années 80 **(Gagneur 1983, Chaoui-Boudghen 1984, Gagneur et al. 1985, Yadi 1985, Gagneur & Thomas 1988, Gagneur et Clergue-Gazeau 1988, Gagneur & Aliane 1991)**. A ces travaux d'inventaire, se sont succédées,

plusieurs travaux sur l'impact anthropique sur certains oueds (**Taleb et al 2004,**) ainsi que leur fonctionnement (**Gagneur et Bendiouis 1991, Belaidi et al 2004, Taleb et al 2008**).

Cette étude porte sur l'évolution des macroinvertébrés benthiques de l'oued Tafna dans un contexte de réchauffement climatique. Ce site a été choisi d'abord pour compléter le peu d'études effectuées sur la biodiversité benthique du nord ouest algérien et ensuite pour faire des comparaisons avec les données faunistiques déjà récoltées par **Gagneur** dans les années 80 sur cet oued. Ce travail vise à faire un état des lieux, de quantifier les impacts des perturbations sur le milieu, les communautés macroinvertébrés benthiques, de suivre l'évolution spatio-temporelle des paramètres du milieu et de la structure des communautés afin de répondre aux questions suivantes : observe-t-on des changements dans les compositions faunistiques long-terme (20 ans et plus) et lors d'années particulièrement chaudes? Peut-on décrire ou dégager des traits écologiques de groupes de taxons de macroinvertébrés en fonction de leur relation avec la température qui mettent en évidence des tendances de changement de structure des communautés aquatiques corrélées avec un réchauffement général des eaux.

CHAPITRE I

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu, durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'œil nu (**Moisan, 2010**). Les macroinvertébrés benthiques sont présents et abondants dans tous les types de cours d'eau, petits ou grands (**Chessman, 1995; Camargo et al, 2004; Pelletier, 2007**).

Ils sont sédentaires, ils vivent relativement longtemps, ils disposent d'une large diversité de réponses face à différentes perturbations et ils ont un rôle fondamental dans le réseau trophique (nourriture pour les poissons, les oiseaux,...) (**Moisan, 2010**).

Le peuplement faunistique d'un écosystème aquatique est constamment soumis à la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Les variations observées dans la structure des peuplements dépendent donc des modifications des caractéristiques environnementales (**Fruget et Dessaix, 2002**).

I-Rôle des macroinvertébrés :

Les macroinvertébrés sont relativement sédentaires, ce qui en fait de bons témoins des conditions locales (**Camargo et al, 2004; Pelletier, 2007**). Leur mobilité limitée les empêchant de fuir les perturbations, leur permet de donner une illustration fiable des conditions du site où ils se sont développés et où ils ont été récoltés.

Les peuplements se composant de multiples espèces, ont des sensibilités spécifiques et des réponses différentes aux perturbations, leur structure reflète directement le stress subi par les organismes. Contrairement aux analyses chimiques, on peut détecter à l'aide des macroinvertébrés benthiques des perturbations qui ont eu lieu même si elles ne sont plus présentes au moment de l'échantillonnage (**Chessman, 1995**). On doit donc utiliser des méthodes complémentaires, comme un indice biologique, pour en arriver à un diagnostic global (**Hébert, 1997**).

Pour représenter des aspects structurels et fonctionnels de la communauté, de même que la tolérance des macroinvertébrés face à la pollution, plusieurs données métriques peuvent être estimées, les données métriques les plus utilisées sont la diversité, la richesse, les espèces dominantes, le pourcentage des groupes taxonomiques et trophiques et un indice biotique pour la tolérance (**Camargo et al, 2004; Pelletier, 2007**).

II-Le changement climatique :

Le climat, qui intègre la température ainsi que de nombreuses autres variables abiotiques, influence de manière très importante la vie des organismes et les relations que ces organismes entretiennent dans le cadre des écosystèmes (**Parmesan et al 1999**).

De nombreuses interrogations posées par le changement climatique engendrent une multitude de questions sur le fonctionnement des écosystèmes aux échelles locales. Un changement global du climat aura obligatoirement des répercussions sur le climat local (**Bonnefoy et al, 2010**). Les changements climatiques sont donc considérés comme l'une des menaces les plus graves posées au développement durable, avec des effets défavorables attendus sur entre autres: la santé humaine, la sécurité alimentaire, l'activité économique, les ressources en eau et les autres ressources naturelles,

Les habitats naturels changeront au fur et à mesure que changeront la pluviosité et les températures.

Les écosystèmes d'eau douce, y compris les cours d'eau, les lacs et les zones humides, sont extrêmement riches en espèces, mais malheureusement ils figurent aussi parmi les systèmes écologiques les plus perturbés et les plus menacés du monde (**BIP, 2010**). On s'accorde à reconnaître aujourd'hui que depuis les années 70, les écoulements ont diminué d'environ 30 à 60% en fonction des bassins versants, la baisse se traduisant non seulement sur le module annuel, mais aussi sur les extrêmes (débits de crue et d'étiage).

Le réchauffement climatique s'accompagnera par une diminution de la durée d'enneigement, et particulièrement en moyenne montagne, où il y a une tendance d'affaiblir le débit d'étiage estivaux au cours de ce siècle (**Planton, 2008**).

Les changements climatiques représentent une pression supplémentaire sur les écosystèmes, sur leur biodiversité et sur les biens et services qu'ils fournissent (**Gitay et al, 2002**).

Le climat méditerranéen est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale avec un été très chaud et très sec, tempéré seulement en bordure de la mer, l'hiver est très frais et plus humide (**Benabadji et Bouazza, 2000**).

Le climat méditerranéen est caractérisé par une concentration hivernale des précipitations, l'été étant sec (**Daget, 1980**).

La définition climatique de la région méditerranéenne est fort simple pour l'écologiste, le phytogéographe ou le bioclimatologiste, c'est l'ensemble des zones qui se caractérisent par

des pluies concentrées sur la saison fraîche à jours courts avec de longues sécheresses estivales (**Emberger, 1955**).

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat(**Le-Houerou, 1977**).

La pluviométrie en Algérie est sous l'influence des facteurs géographique : l'altitude, latitude, la longitude et l'exposition.

Le bassin méditerranéen est caractérisé par une large gamme de variabilité des conditions environnementales, y compris les inondations et les sécheresses (**Pires et al, 1999**).

1-L'influence des facteurs climatiques sur les écosystèmes aquatiques :

A l'intérieur des continents, sur lesquels l'effet tampon des océans est réduit, l'évolution de climat sera exacerbée. Les changements climatiques actuels ont la particularité de se dérouler dans un contexte de destruction, de fragmentation et de dégradation des habitats (**Berteaux, 2010**).

Le changement climatique cause des changements dans les habitats déjà perturbé par les activités humaines (hydroélectricité, chenalisation, irrigation) (**Gerdeaux et Thonon, 2008**).

Les changements climatiques ont déjà des effets visibles sur la faune. Les espèces ont commencé à se déplacer vers le nord de même qu'en altitude. Les événements biologiques printaniers comme la reproduction ou la migration sont plus précoces chez certaines espèces (**Berteaux, 2010**).

2- effets de la température sur la vie aquatique :

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, sur la conductibilité électrique, elle affecte directement la vie aquatique (**Schmitz et Krippel, 2007**). Pour cela il est important de connaître la température de l'eau.

La température est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes (**Angelier, 2000**), elle conditionne les possibilités de développement et la durée des cycles biologiques des organismes vivants ainsi que la composition faunistique d'un cours d'eau.

Selon **Lavendier (1979)**, **Thomas (1981)**, **Angelier et al (1985)** et **Vinçon (1987)**, la répartition de la faune benthique dans les cours d'eau est renvoyée à l'action de la température.

La température est définie par **Peguy (1970)**, comme une qualité de l'atmosphère et non comme grandeur physique mesurable. L'étude des fluctuations thermiques est l'une des préoccupations, pour montrer leur influence sur l'installation des espèces.

En raison du climat méditerranéen accentué, nos cours d'eau sont soumis à des températures élevées, qui est un facteur limitant pour la faune (**Jacobsen et al. 1997**).

La température est un facteur qui apparait central et multi-causal, car il intervient à la fois dans la physique de milieu aquatique (solubilité, la densité, saturation en O₂ dissous...) et dans les cinétiques biochimiques des êtres vivants (croissance, maturité sexuelle, survie...) (**Dument, 2008**).

L'augmentation des températures de l'eau influencera directement l'abondance et la répartition des espèces. Puisque la température est l'un des facteurs de l'environnement abiotique, la composition des communautés pourrait être modifiée par les changements climatiques (**Berteaux, 2010**).

L'augmentation des températures aquatiques a déjà causé des modifications dans les cycles reproductifs et les saisons de croissance de certaines espèces, ce qui peut affecter le fonctionnement des écosystèmes (**Reid et Swiderska, 2008**).

La température de l'eau influence la phénologie de certaines espèces, et conditionne la biogéographie des organismes (**Dajoz, 1979**), elle provoque aussi le décalage des cycles de vie de certaines espèces, qui peut perturber les liens trophiques et en particulier le rapport prédateur/proie, qui peut affecter sérieusement la survie d'une espèce ou au contraire favoriser le développement d'une autre, et modifier de ce fait la structure et le fonctionnement de communautés entières (**Laignel et Souissi, 2010**).

3- effets des précipitations, le débit et la qualité de l'eau :

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (**Le Houerou et al, 1977**). L'aridité est une conséquence d'un déficit de précipitation par rapport à l'évapotranspiration durant une période plus ou moins longue de l'année.

Les changements climatiques vont perturber forcément les cycles hydrologiques, à cause de la modification de régime des précipitations, en plus la diminution de débit va entrainer des changements dans le processus de la dilution et de la sédimentation et de temps

de rétention, influençant par ailleurs les paramètres physiologique et métabolique de certaines espèces (**Laignel et Souissi, 2010**).

Le débit annuel est marqué par un maximum au printemps et en automne, et un faible niveau d'eau sévère en été (**Giudicelli et al, 1985**).

Les variations des débits fluviaux ont eu des effets sur les biens et les services fournis par ces écosystèmes (production de poissons par les pêcheries en eau douce, écoulements provenant des zones humides, etc.).

4-L'influence du changement climatique sur la faune benthique :

Tout organisme vivant est en lutte constante pour obtenir son énergie. Il doit grandir, se réchauffer, se reproduire, se déplacer. L'énergie vient de deux sources principales : d'une part la chaleur ambiante et le rayonnement solaire, d'autre part la nourriture (**Berteaux, 2010**).

« Nous pouvons déjà voir des changements surprenants au niveau des cycles végétatifs. De nombreuses espèces se déplacent aujourd'hui déjà vers le nord au fur et à mesure de l'augmentation des températures » (**McGlade, 2007**).

Les effets des changements climatiques sur la faune peuvent se diviser en trois grandes catégories selon **Berteaux (2010)** :

- les effets sur la répartition des espèces ;
- sur leur phénologie (les moments de l'année où les espèces se reproduisent, migrent, muent ou accomplissent différents comportements) ;
- et sur l'organisation des communautés animales.

Les organismes benthiques vivant en relation permanente avec le substrat sont en grande majorité sédentaires. Du fait de leur mobilité réduite, ils subissent donc directement l'influence des conditions écologiques au lieu considéré- y compris les perturbations d'origine anthropique - et sont de bons témoins des changements des conditions de l'environnement (**Dauvin, 2009**).

Les espèces des eaux continentales sont de plus en plus menacées d'extinction, apparemment d'avantage que celles des milieux terrestres et marins. Les causes possibles d'extinctions sont connues : destructions physiques des habitats, pollutions, surexploitations, introductions d'espèces et, de façon de plus en plus préoccupante, changement climatique (**Décamps, 2009**).

Les invertébrés sont des ectothermes, leur température corporelle est donc régulée par la température ambiante et par la radiation solaire et non par des mécanismes internes de production de chaleur comme c'est le cas pour nous, qui sommes des endothermes. Ils sont donc plus sensibles aux variations climatiques de leur environnement, qui les affectent directement et fortement (**Berteaux, 2010**).

Tous les macroinvertébrés benthiques sont des organismes [poïkilothermes](#), donc leur température corporelle varie fortement en fonction de celle de l'environnement. Ces organismes sont donc très dépendants de la température de leur milieu de vie car elle conditionne leur cycle biologique (développement des œufs, croissance des larves). Les différentes espèces aquatiques se sont progressivement adaptées à leur milieu de vie et certaines montrent des préférences pour les eaux froides, alors que d'autres ne vivent qu'en eaux chaudes.

5-Impact du changement climatique sur la biodiversité :

Le changement climatique affecte la biodiversité (**Reid et Swiderska, 2008**). Les effets du changement climatique sur la biodiversité seront multiples, et toucheront aussi bien les écosystèmes que les espèces (**Reid, 2006**). Certains écosystèmes s'étendront vers de nouvelles zones, alors que d'autres occuperont un espace réduit.

La répartition des macro-invertébrés benthiques est liée en grande partie à des facteurs environnementaux (**Richards et al, 1993, Tate & Heiny, 1995, Benbow et al, 2003**).

Les changements dans la structure de ces communautés benthiques sont souvent évalués en examinant les compositions taxonomiques (**Grubaugh et al. 1996, González et al. 2003**).

Les variations spatiales ont été attribuées à des caractéristiques de l'habitat, mais aussi aux fluctuations stochastiques temporelles de l'environnement (**Ives & Kopfer, 1997, McIntosh et al. 2003**).

6-Impact du changement climatique sur la structure des communautés :

Les facteurs environnementaux (salinité, hydrodynamisme, type de sédiment, etc.), sont aussi responsables de la structure des communautés qu'ils soient naturels ou dus à l'activité humaine (**Warwick, 1993**). Ces modifications des communautés apparaissent liées aux changements environnementaux.

Les processus de succession jouent un grand rôle, dans l'évolution des communautés, parfois majeure (**Grigg, 1983**). Les modifications dans la structure des communautés sont utilisées pour rendre compte des effets anthropiques sur les écosystèmes (**Warwick, 1993**).

Toutes les espèces sont concernées, même si l'attention n'est attirée que par les plus emblématiques. Des remèdes existent, de la protection des milieux naturels à leur restauration. Des initiatives se multiplient, locales et globales, parfois suivies d'effets. Les perturbations à l'origine de certaines disparitions d'espèces sont mieux comprises. Et pourtant, ces disparitions se poursuivent **(Décamps, 2009)**.

CHAPITRE II

ETUDE DU MILIEU

Caractéristique du milieu physique :

1-Description du bassin versant :

Le bassin versant de la Tafna est situé dans la partie occidentale de l'Algérie, il occupe une superficie d'environ 7245km², et s'étend jusqu'au Maroc. Il est limité au nord par les monts de Traras, au sud par les monts de Tlemcen, à l'ouest par les monts de Beni Snasen au Maroc, et à l'est par Djebel Sbaa Chioukh.

L'oued Tafna, prend sa source dans les monts de Tlemcen près de Sebdou au niveau de la grotte de Ghar Boumaaza, d'une altitude de 1100m, c'est un cours d'eau principal de 170km de long, du sud vers le nord jusqu'à la mer. Sa pente moyenne est variable, elle est faible au niveau de source 6,5%, puisqu'elle est située sur un plateau (Ghar Boumaaza) puis elle devient importante à partir de la ville de Sebdou, jusqu'au barrage de Béni Bahdal où elle atteint 25%. 49% de la superficie du bassin ont des pentes supérieures à 25%(Megnounof et al, 2004). La pente s'adoucit pour s'annuler au niveau de l'embouchure.

La haute Tafna draine les versants sud des monts de Tlemcen et les hautes vallées. L'eau est retenue par le barrage de Béni Bahdal à 665m d'altitude. A l'entrée du barrage, l'oued Tafna se confond avec l'oued Khémis (rive gauche). La moyenne et la basse Tafna débute pratiquement à la localité poste Tafna et s'étend jusqu'à l'embouchure sur la mer. A l'aval, l'oued se reforme à partir des sources et des résurgences puis reçoit l'oued Mouillah (rive gauche) au niveau de la plaine de Maghnia.

2-Géologie :

Le grand bassin de la Tafna est caractérisé par une géologie très complexe et qualifiée de grande tectonique. L'évolution des terrains rencontrés va du Primaire au Quaternaire (Benest, 1985).

Le primaire est une formation détritique grossière, rubéfiée. Il affleure dans le bassin de l'oued Mouillah, au niveau des Monts de Ghar Roubane à l'ouest, et les Fillaoucen à l'Est :

- Des dépôts lagunaires riches en gypse, en halite et en argile versicolores, dans la région de Béni Bahdal et dans celle de Rhar Rouban, qui sont des zones anticlinales (Lucas, 1942) ;
- Schistes et quartzites aux traras et à Béni Boussaid, comprend les filons métallifère à Rhar Rouban.

Le Trias est constitué par des argiles rouge violacées emballant des niveaux de gypses fibreux, elles sont souvent accompagnées de Basaltes, tufs, calcaires ou dolomies. Localisé essentiellement au niveau de Béni-Bahdel et dans le bassin d'oued Mouillah.

Le Jurassique supérieur est caractérisé par une roche calcaire- Dolomitique et des grès très compacts, des lits calcaires en dalle plus ou moins épaisses entremêlées de lit marneux ; leur épaisseur est notable, des puissantes dolomies à Béni Boussaid. Sur la bordure Sud du bassin de la Tafna, le Miocène affleure le long du massif Jurassique.

Le Miocène représenté par des dépôts essentiellement marins de volcanisme du tell oranais ; Basalte, assise de poudings affleurant localement et de marnes altérés où s'intercalent des bancs de grés. Cette formation s'étend en direction Nord-est, sur de faible épaisseur avec l'apparition de croute calcaire, de quelques couches d'argiles et de marnes, des argilites ou par endroit une roche détritique possédant une porosité relativement élevée.

Le Quaternaire formé de terrains emboîtés et d'alluvions récentes occupant les grands vallées et fonds d'oued par des limons parfois argileux. Cette formation s'observe au niveau des dépressions alluviales, notamment celle de la vallée de la Tafna (**Benest, 1985**).

Pour la moyenne et basse Tafna, on rencontre des dépôts recouverts par des alluvions récentes sablo-granuleuses, sableuses et limoneuses, et aussi des éboulis de pentes discontinus et des colluvions limoneuses et argileuses (**Guardia, 1975**).

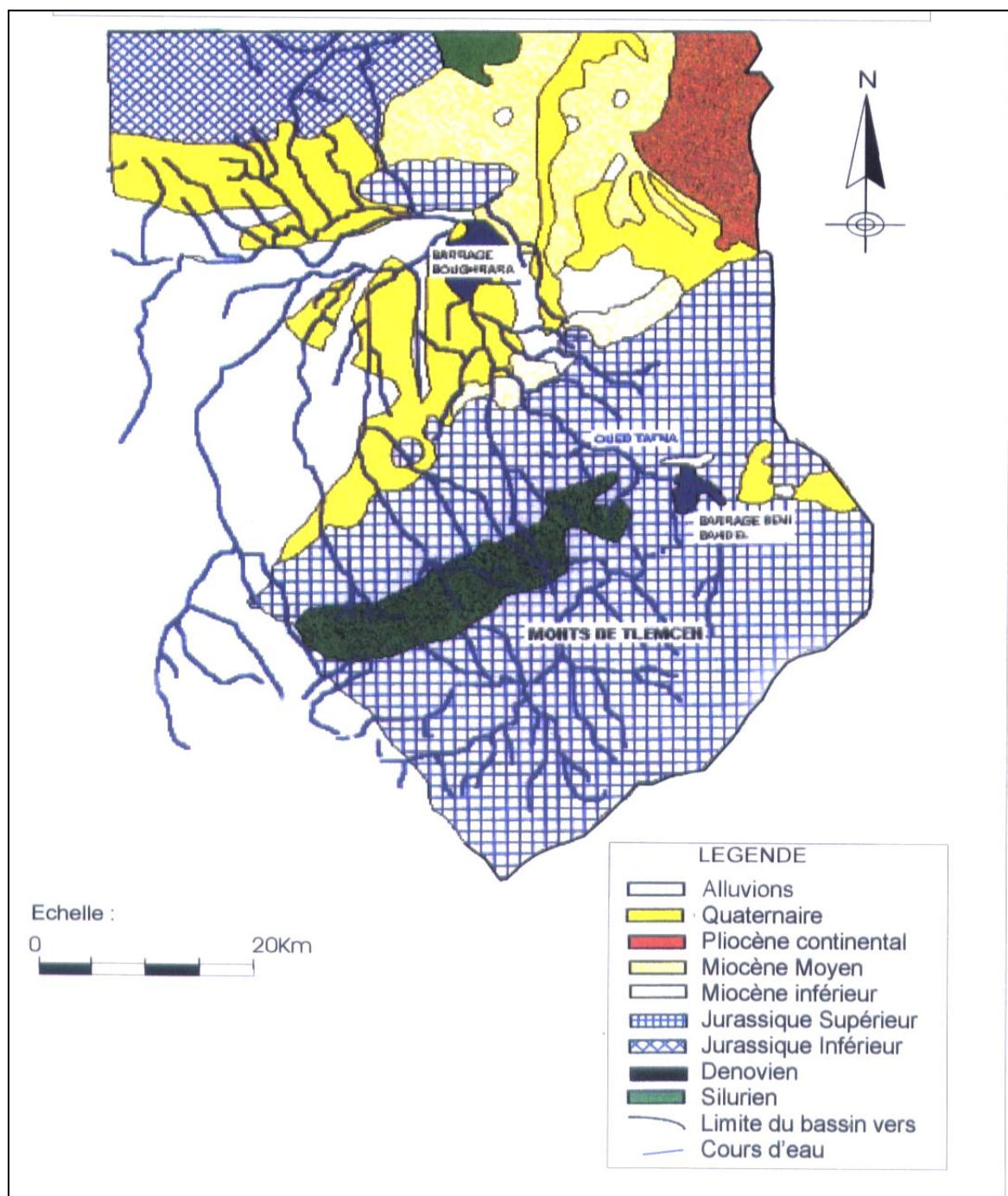


Fig 01: carte géologique du bassin versant de la Tafna. Source (Doulat, 1999).

3-Les terrasses :

Les terrasses occupent presque la totalité du périmètre d'étude et se localisent sur les piémonts au bord de l'oued Tafna et sont utilisées pour les cultures céréalières, cultures maraîchères et l'arboriculture. Les sols sont plus jeunes que ceux des hauteurs qui dominent les vallées du cours d'eau, qui sont souvent composées de séries de terrasses.

Notre zone d'étude présente 3 à 4 terrasses fluviales formées à la base d'un conglomérat de galets recouvert de sables et de limons clairs carbonatés et une dalle clôturant ces dépôts qui atteignent une dizaine de mètres d'épaisseur.

4- Pédologie :

Quatre types de sols caractérisent notre zone d'étude, selon une étude faite par BNEDR en 1993, qui sont :

a)-Les sols bruns fersialitiques : ils se distinguent par leur richesse en matière organique avec une forte concentration des débris végétaux en surface, ce sont des rendzines noires de forêt, de profil A-C. Ils sont peu épais, jusqu'à 30cm. Ils apparaissent sous le couvert forestier dans les monts de Tlemcen.

b)-Les sols peu évolués d'érosion (les lithosols) : Ce sont des sols à deux horizons A et C, ils se sont formés essentiellement sur les calcaires et les grès et sont peu épais (10 à 15cm), ils sont limités en profondeur par une roche dure, ce sont généralement des sols des pentes affectées par l'érosion parce qu'ils sont mal protégés. Ils se situent sur les moyens et hauts versants et sur certaines collines.

c)- les sols alluviaux : ces sols sont généralement calcaires, à texture limoneuse à argileuse. Leur richesse en matière organique leur donne une coloration foncée (sols alluviaux brunifiés). Les alluviaux sont fertiles et conviennent aux cultures à enracinement profond. On les observe dans les zones de Sidi Medjahed, et Hammam Bouhrara.

d)-les sols fersialitiques : ils existent sur différents substrats calcaires, grès et marnes. Leur profondeur atteint facilement 60 cm surtout dans les sols travaillés et irrigués. Leur couleur varie du rouge au brun rougeâtre. Ce sont des sols lessivés, l'horizon A est peu épais, l'horizon B est par contre épais et riche en argile. Ils dominent dans la zone de Sidi Medjahed, dans les bas piémonts et dans certains piémonts de montagnes.

D'une manière générale, on peut dire que les sols peu évolués d'érosion caractérisent les hauts des pentes, tandis que les sols d'accumulation se trouvent dans les zones en bas de pente.

5- Végétation :

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Donc la présence de végétation va jouer le rôle de Régulateur dans le régime d'écoulement.

Le couvert végétal dans notre zone d'étude, change de l'amont vers l'aval. Dans la zone montagneuse Sud, au dessus de 1200 m d'altitude, nous rencontrons une association de Chêne Vert, de Pin d'Alep, de Genet, de Lentisque, de Ciste et d'Herbacées telles que le Romarin, la Scille et l'Asphodèle. Le Chêne Liège se rencontre surtout sur des terrains riches en silice. Au dessous de 1200 m d'altitude, nous rencontrons une association d'Oxycèdre, quelques vestiges de Chêne vert, de Palmier Nain et de Thyuas. Vers l'Est des Monts de Tlemcen et suite aux dégradations, la forêt a été remplacée par les garrigues et les cultures. Au Nord, les plaines de Maghnia et de Remchi sont caractérisées par les cultures (céréaliculture, arboriculture), par le maraîchage le long des cours d'eau (Tafna, Mouillah et Isser) et par une végétation naturelle très dégradée.

6- Hydrologie :

Le régime hydrologique des oueds est de type méditerranéen. Il comprend une période de hautes eaux hivernale, avec un écoulement relativement important au moment des fortes précipitations, et une période des basses eaux estivale, avec un débit réduit jusqu'à l'assèchement total des oueds à partir de la zone du piedmont, en particulier durant ces dernières décennies. Comme tous les oueds méditerranéens, l'oued Tafna se caractérise par des crues violentes.

En toute saison, de violents orages peuvent provoquer des crues morphogènes capables de détruire les ouvrages d'art et qui remanient ou déplacent les lits des oueds, érodent les berges et déplacent d'énormes quantités de sédiments. Les parties supérieures des oueds alimentées par des sources sont souvent pérennes, ce qui n'est plus le cas des parties aval, qui présentent un fort assèchement accentué par l'implantation de retenues (Béni Bahdel, Hammam Boughrara).

7-Description des stations :

Sept stations ont été choisies sur la Tafna :

a- la Station K1 :

Cette station est localisée à 1km avant le village de Khémis, sous le pont qui relie le village de Khémis et le village d'ouled Moussa, sous le pont d'Aine Ghbali, d'une latitude de 34°37'59'' nord et longitude de 1°34'14''ouest, à une altitude de 853 m.

La largeur du lit est de 4m, et le débit est très fort, , le substrat est formé d'un fond de limons et d'argile sur lequel sont entreposés des galets et des blocs. La station est très ombragée du faite de la présence d'une vallée extrêmement encaissée et de la forte densité de la végétation représentée essentiellement par le lentisque (*Pistacia lentiscus*) et le figuier (*Ficus carcia*).

L'eau est limpide, fraîche et peu profonde, on note aussi la présence d'une source près de la station de prélèvement.

b-Station T2 :

Cette station est située à 6km aval de la ville de Sebdou sur la route Sebdou-Maghnia, près d'Ain Ghoraba, à une altitude de 830 m, et de coordonnées de 34° 38' 42'' Nord et 1°23'32''.

La largeur du lit est environ de 5m, et le débit est moyen. Le substrat est homogène, formé de galets et de sables. La végétation aquatique est absente, la végétation riveraine, est constituée essentiellement de *Nerium oleander* (Laurier rose), *Populus alba*...

c-station T3 :

Cette station est située à l'entrée du barrage de Béni Bahdel, sous le pont de route de Tlemcen à Khémis à une altitude de 665m à une longitude de 1° 27'45'' ouest, et à une latitude de 34°43' nord.

La largeur du lit atteint 15m dans certains endroits le débit de l'oued est assez fort, le substrat est formé de blocs et de galets en courant rapide, sables et vase en courant calme...

La végétation aquatique est dense, constituée essentiellement de potamots nageant (*Potamogeton natans*) principalement dans les endroits calmes.

La profondeur dépasse parfois 1m à cause des modifications du lit causées par l'homme. Le couvert végétal riverain est dense, constitués d'arbres tel que *Populus alba* (Peuplier blanc), *Ficus carcia* (Figuier) et arbustes tel que *Nerium oleander* (Laurier rose).

d- Station T4 :

Cette station est située sur la route de Béni bahdel-Maghnia en aval du barrage du Beni bahdel à 470m d'altitude avec des coordonnées 34°44'47'' latitude nord et 1°34'26'' longitude ouest.

La largeur du lit est d'environ 4m et le débit de cette station est moyen. De part sa situation en aval du barrage de Béni Bahdel, cette station est alimentée essentiellement par de nombreuses résurgences.

L'eau de la station est trouble à cause des champs installés juste sur la rive gauche. Les rives sont bordées d'arbres comme *Oleaster europea subsp sylvesteris* (Oliveir auvage), *Nerium oleander*, *Populus alba*....

e-station T6 :

Elle est située dans la moyenne Tafna, à une altitude de 189m, à 20 km de l'aval du barrage de hammam Boughrara, elle se localise sur la route nationale n°35, reliant Maghnia à Oran, à proximité d'Ain Fettah, avec une longitude de 1°35' ouest et une latitude de 34°23'' nord.

Le substrat est constitué d'éléments fins (argile, sable) qui se déposent sur un lit d'élément grossiers (galets, graviers) caractérisé par une faible profondeur, la largeur moyenne du lit est de 6m le courant est moyen, avec un dépôt marron lié a la présence de matières en suspension.

La végétation aquatique est absente, mais celle des rives est composée de *Tamarix gallica*, *Phragmate communis* (roseau), *Clendula arvensis*, *Synapis arvensis*, *Inula viscosa*.

Cette station comme la plupart des stations de la plaine est dans une région à vocation agricole (culture maraîchères dominantes).

f- station T7 :

Cette station est située en aval du village de Zenata sur la route qui relie Maghnia à Remchi, à une altitude de 105 m, à une latitude de 34° 37' 29'' et une longitude de 1° 26' 31''.

La largeur moyenne du lit est environ de 10m, l'eau dans cette station est trouble, à cause de la matière en suspension, le substrat est formé d'une couche plus ou moins épaisse d'éléments fins (argile et limens). La végétation se compose de *Atractylis sp*, *Juncus maritimus*, *Sinapis arvensis*, *Nerium oléander*, *Cupressus sp*...

Dans cette station, on remarque l'abondance des algues filamenteuse.

g-Station T8 :

Cette station est localisée dans la basse Tafna près du village de pierre du chat, sur la route national n°22, à 45m d'altitude, à une longitude de 1°26'34'' ouest et une latitude de 38°8'30'' nord.

La largeur du lit dépasse 24m, et le débit dans cette station est moyen. Le lit de la rivière, sert au rinçage des légumes cultivés dans cette région, le substrat est constitué de blocs et de galets. La profondeur dans cette station est faible ne dépasse pas les 50cm.

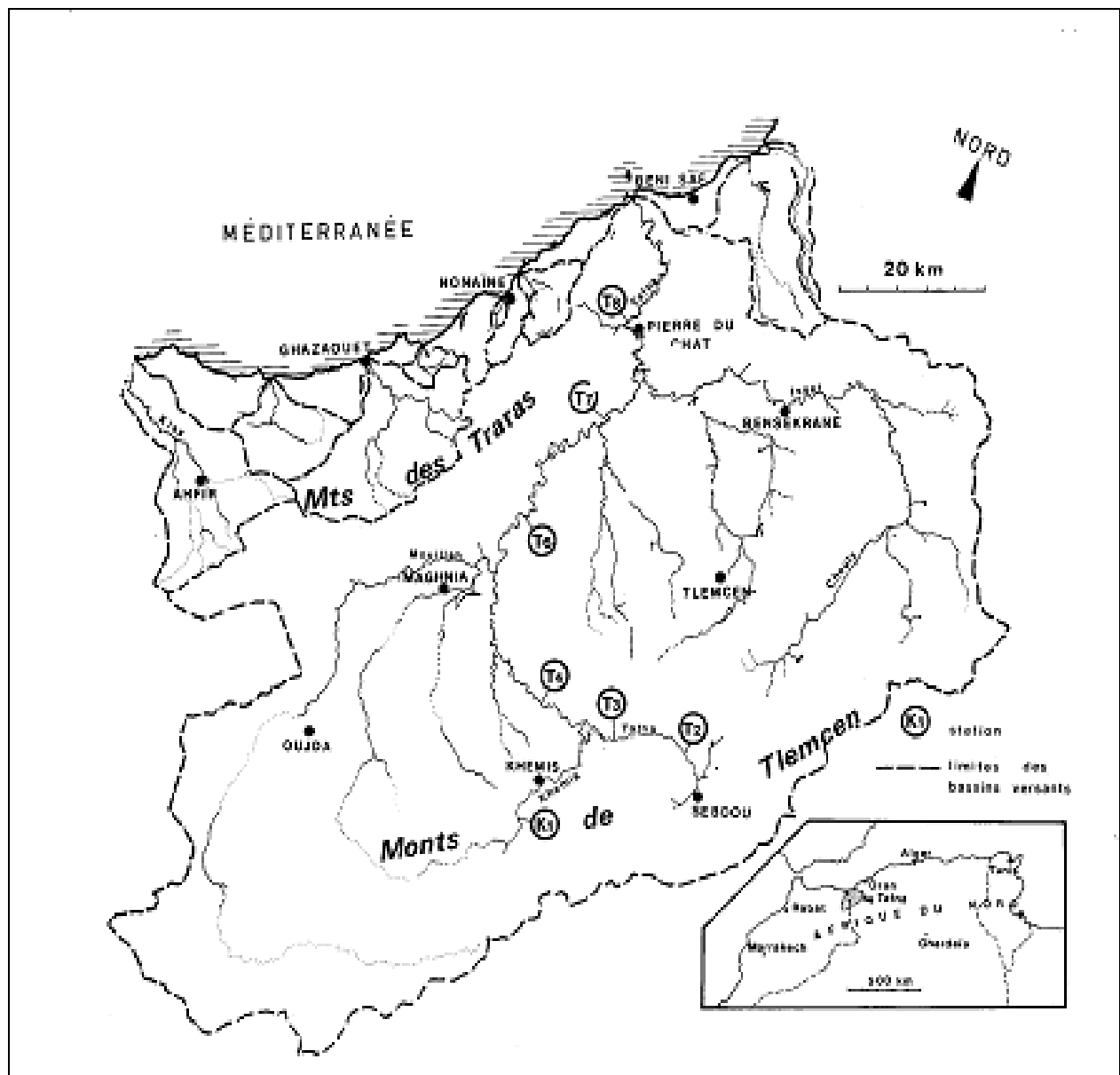


Fig 02: carte de la situation géographique des stations d'étude. Source (Gagneur et Thomas, 1988).

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

1-Méthodes d'analyse physico-chimique :

Quelques paramètres physico-chimiques ont été mesurés à l'aide d'un appareil multiparmétrique de terrain .

1-1 La température :

La température de l'air et celle de l'eau sont régulièrement relevées en utilisant un thermomètre à mercure. Elles sont exprimées en degrés Celsius (°C).

1-6 La conductivité :

La conductivité est relevée par un conductimètre, et exprimée en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

1-7 pH :

Le pH a été mesuré sur terrain à l'aide d'un pH-mètre.

1-8 L'oxygène dissous :

L'oxygène a été mesuré sur terrain à l'aide d'un oxymètre. Les résultats sont exprimés en mg/l.

1-9 DBO₅ :

La DBO₅ a été dosé au laboratoire du l'A.N.R.H Oran, à l'aide d'un DBOmètre, elle est définie comme la quantité d'Oxygène dissous consommée durant 5 jours à 20°C et à l'obscurité, par certaines matières présente dans l'eau principalement pour assurer leurs dégradations par voie biologique. Elle est exprimée en mg/l d'eau.

1-7 Les chlorures :

Les chlorures ont été dosés au laboratoire du l'A.N.R.H Oran, selon la méthode de MOHR qui consiste à doser les chlorures en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de Potassium (**Rodier, 2000**). Ils sont exprimés en mg/l.

2- Prélèvements faunistiques :

Sept séries de prélèvements ont été réalisées durant la période de Février à Octobre 2010, à raison d'un prélèvement par mois.

Les prélèvements de la faune sont effectués uniquement dans le milieu superficiel à l'aide d'un filet surber de 300 μ m de vide de maille, dans les 7 stations d'étude de la Tafna.

On a prospecté tous les micro-habitats existants (courant faible, courant fort, végétation, vase sable, galet....) afin d'avoir une richesse taxonomique représentative de la station d'étude.

Les prélèvements sont mis dans des bocaux et fixés au formole à 75%, puis transportés au laboratoire pour être triés à l'aide d'une loupe binoculaire.

L'identification se fait sous une loupe binoculaire pour les individus de grande taille, et sous un microscope pour les individus de petite taille, en utilisant la clé de détermination de **Tachet et al, 1980**.

3- Traitements statistiques et indices biologiques:

3-1 Traitements statistiques :

3-1-1 L'Analyse en Composantes Principales (ACP) :

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles. L'ACP propose, à partir d'un tableau rectangulaire de données comportant les valeurs de **p** variables quantitatives pour **n** unités (appelées aussi individus), des représentations géométriques de ces unités et de ces variables.

L'ACP servira à mieux connaître les données sur lesquelles on travaille, à détecter éventuellement des valeurs suspectes, et aidera à formuler des hypothèses qu'il faudra étudier à l'aide de modèles et d'études statistiques inférentielles.

Une ACP normée des paramètres physico-chimiques a été effectuée sur une matrice de 49 échantillons (station $\times$ date), et six variables physico-chimiques.

3.1.2 - Analyse discriminante :

L'analyse discriminante recouvre deux aspects. Le premier consiste à séparer au mieux l'ensemble des **g** groupes à l'aide des **p** variables. On dit qu'elle effectue une discrimination de populations. Le second permet d'effectuer un classement des observations. Dans cette analyse il existe deux méthodes d'analyse: (i) l'ACP intra-groupe qui permet de supprimer son

influence et donc d'étudier simultanément une typologie spatiale ou alors d'effectuer une collection de typologie spatiale. (ii) l'ACP inter-groupe représente une approche diamétralement opposée et en même temps complémentaire à l'ACP intra. Elle permettra de mettre en évidence son influence: par exemple l'ACP inter-date prend en compte l'influence du facteur temps (**Beffy et Doledec, 1991**).

Dans notre étude on va utiliser la méthode intergroupe dite « between », elle permet de mettre en évidence l'influence de facteur temps et station sur les paramètres physico-chimiques.

3-1-3 Analyse factorielle des correspondances AFC :

L'analyse factorielle des correspondances traite des tableaux de contingence (tableaux de dépendance) dans lesquels un couple (i, j) correspond à un nombre positif k_{ij} qui est en général le résultat d'un dénombrement.

Les données de base sont habituellement regroupées dans un tableau. On étudie simultanément, sur une population, deux variables qualitatives I, J pouvant prendre respectivement n et p valeurs (ou modalités). On note k_{ij} le nombre d'individus appartenant simultanément aux catégories i et j des variables I et J.

3-1-4 ANOVA :

La variabilité spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques des eaux a été donc étudiée à l'aide d'ANOVA1, qui a permis de savoir si les mesures physico-chimiques présentaient une différence significative entre les stations choisies et entre les périodes hydrologiques.

3-2 Les indices biologiques :

3-2-1 Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) :

L'IBGN est la méthode normalisée qui va nous permettre d'évaluer la qualité biologique des cours d'eau (**AFNOR, 1992 ; révisée en 2004**), elle permet d'évaluer l'aptitude d'un milieu à héberger, en prenant en compte à la fois la variété des macroinvertébrés benthiques, et la représentativité des habitats présents dans une station.

Le calcul de l'indice se fait en trois étapes :

- La détermination de la « classe de variété taxonomique », qui sur la base de 152 taxons potentiellement présents, est égale au nombre de taxons récoltés, même s'ils ne sont représentés que par un seul individu, quatorze classes de variété sont définies ;
- Le groupe faunistique indicateur, en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés aux échantillons par au moins de trois individus, ou 10 selon les taxons.
- La note IBGN peut être obtenue soit en croisant la classe de variété avec le N° de groupe faunistique indicateur, soit par la formule suivante :

IBGN = N° du groupe faunistique indicateur + (N° de classe de variété - 1). Avec $IBGN \leq 20$.

3-2-2 Indice de Margalef :

L'indice de Margalef, se base sur l'observation que si le nombre d'individus croît plutôt selon une progression géométrique, le nombre d'espèces croît plutôt selon une progression arithmétique :

$$d = (S - 1) / \log_e N$$

S : nombre d'espèces

N : nombre d'individus

3-2-3 Indice de Shannon :

L'indice de Shannon est un indice permettant de mesurer la [biodiversité](#), il est donné par la relation suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

p_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou [richesse spécifique](#) du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

$$p(i) = n_i / N$$

Où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total.

3-2-4 L'indice d'équitabilité :

Il est donné par la relation suivante :

$$E = H' / \ln(S) \quad \text{Avec :}$$

H' est l'indice de Shannon

S est le nombre d'espèces présentes.

CHAPITRE IV
ETUDE BIOCLIMATIQUE

I-Introduction :

Le Houerou.N, 1995, souligne que le processus de changement climatique se traduit par un déplacement vers le Nord, des étages bioclimatiques méditerranéens, conduisant en Afrique du Nord à une remontée des zones arides désertiques.

Le climat de Tlemcen est de type méditerranéen, définit comme étant un climat de transition entre la zone tempérée, et la zone tropicale, avec un été très chaud et très sec, tempéré seulement au bord de la mer, l'hiver est très frais et plus humide.

L'étude de climat a pour objectifs :

- La détermination de la période de sécheresse à l'aide du diagramme de **Bagnouls et Gaussen (1953)** ;
- Calcul des indices qui permettent à partir des précipitations et des températures de caractériser le climat de la région.

Ce présent chapitre se base sur la comparaison des conditions climatiques entre l'ancienne et la récente période pour notre zone d'étude.

II-Etude climatique :

Deux principaux paramètres sont pris en considération, à savoir les précipitations et la température. Ils nous permettent de déterminer la période sèche par le diagramme ombrothermique de **Bagnouls** et de **Gaussen (1953)** et de mieux cerner les types de climat des régions par l'indice d'aridité de **Demartone**.

a- Les facteurs climatiques :

1-Température :

La température est définie par **Peguy (1970)**, comme une qualité de l'atmosphère et non comme grandeur physique mesurable.

L'étude des fluctuations thermiques est l'une de nos préoccupations, pour montrer leur influence sur distribution des espèces.

1-1Températures moyennes mensuelles :

- **Ancienne période (1913-1938) :**

Pour la région de Sebdou les températures moyennes mensuelles varient entre 7.5°C et 30.55°C, entre 9°C et 26.4°C pour la station de Hammam Bouhrara, et entre 9.9°C et 26°C pour la station de Zenata.

- **Nouvelle période (1980-2004) :**

Les températures moyennes mensuelles varient entre 3.37°C et 27.3°C pour la station de Sebdou, entre 13.31°C et 29.3°C pour la station de Zenata, et entre 9.52°C et 26.54°C pour la station de Hammam Bouhrara.

Tableau 01 : Températures moyennes mensuelles des deux périodes (ancienne et nouvelle).

station	périodes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Zenata	ancienne période (1913-1938)	9,9	10	10,5	13	15	21	24	26	21,5	17	13	10
Zenata	nouvelle période (1980-2004)	13,31	14,6	16,53	18,52	21,3	25,3	28,79	29,3	26,48	22,32	17,4	16,52
Hammam Bouhrara	ancienne période (1913-1938)	9	10,2	12,2	14,65	18,1	21,7	25,9	26,4	22,91	18,11	12,9	9,8
Hammam Bouhrara	nouvelle période (1980-2004)	9,52	10,97	13,16	15,05	17,87	22,52	26,37	26,84	23,57	23,57	14,45	10,5
Sebdou	ancienne période (1913-1938)	7,5	9,95	8,57	12,25	12,1	21	30,55	23	23,25	18,8	14,5	19,15
Sebdou	nouvelle période (1980-2004)	3,37	4,3	5,5	7,7	10,5	23,6	27,2	27,3	24	18,6	15,8	8,8

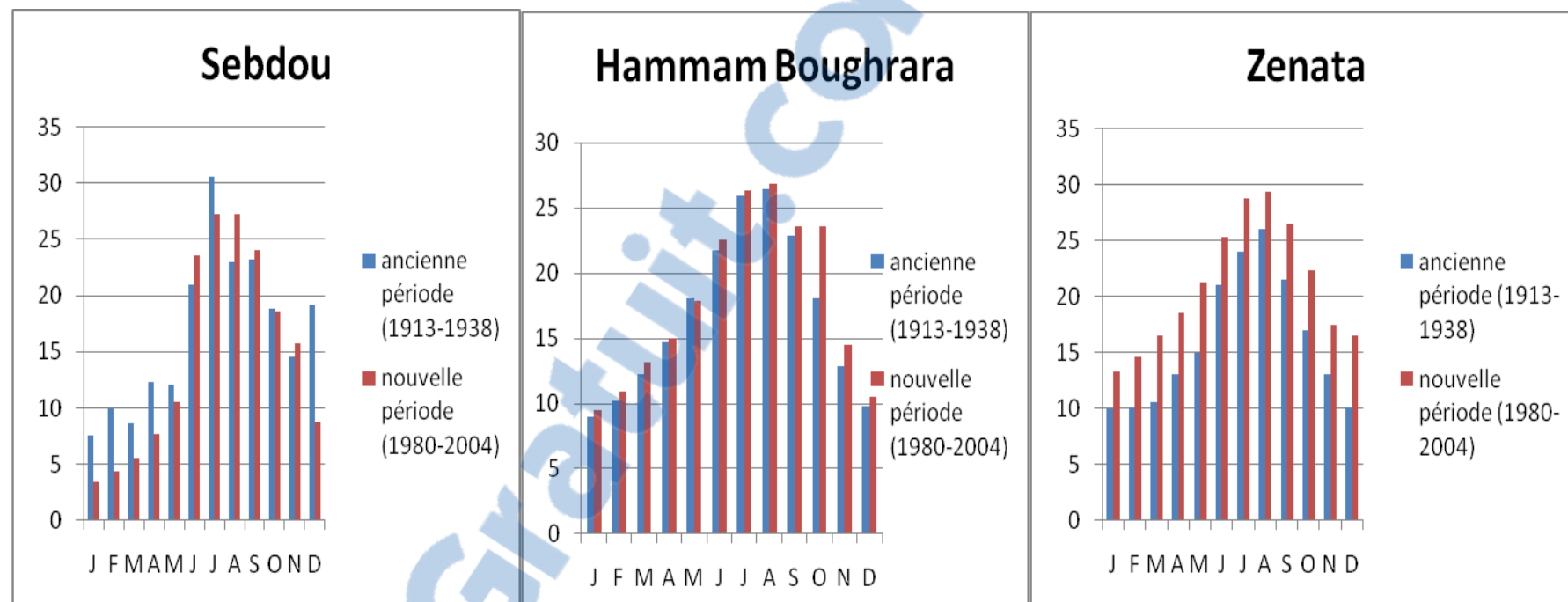


Fig 03 : Evolution de la température moyenne mensuelles des deux périodes (ancienne et nouvelle).

1-2 Amplitudes thermiques :

L'amplitude thermique est définie par la différence des maximums extrêmes d'une part et les minimums extrêmes d'autre part.

Amplitude thermique moyenne, indice de continentalité (aridité):

La classification thermique des climats proposée par **Debrach 1953** est fondée sur l'amplitude M-m :

- climat insulaire : $M-m < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- climat littoral : $15\text{ }^{\circ}\text{C} < M-m < 25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- climat semi-continental (semi-aride) : $25\text{ }^{\circ}\text{C} < M-m < 35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- climat continental (aride) : $35\text{ }^{\circ}\text{C} < M-m$.

Tableau 02 : Amplitude thermique des stations météorologiques (Ancienne période 1913-1938).

stations	M-m	type de climat
Sebdou	32,58	semi-aride
Hammam Boughrara	29,4	semi-aride
Zenata	25,34	semi-aride

Tableau 03: Amplitude thermique des stations météorologiques (Nouvelle période 1980-2004).

stations	M-m	type de climat
Sebdou	32,9	semi-aride
Hammam Boughrara	34,83	semi-aride
Zenata	26,9	semi-aride

D'après les résultats présentés dans les tableaux 02 et 03, notre zone d'étude est soumise à un climat semi-aride, pour les deux périodes de référence, mais on remarque une légère élévation de l'amplitude thermique pour la nouvelle période.

2- précipitations :

Les précipitations désignent tous corps liquides ou solides, qui tombent du ciel (neige, pluie, grêle,...). La pluviométrie varie en fonction de l'éloignement de la mer et l'exposition des versants par rapport aux vents humides.

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (**Le Houerou et al, 1977**). L'aridité est une conséquence d'un déficit de précipitation par rapport à l'évapotranspiration durant une période plus ou moins longue de l'année.

La région de l'Ouest Algérien se caractérise par des faibles précipitations avec une grande variabilité inter-mensuelle et interannuelle. La latitude et l'altitude des stations ont une liaison directe avec l'importance et la fréquence des pluies (**Bouazza. M & Benabadji. N 2010**) et (**Chaabane. A 1993**).

Les régimes pluviométriques :

La connaissance de la moyenne de la pluie est très utile mais pour compléter les études de la distribution de la pluie, il faut y ajouter celle du régime pluviométrique.

Le régime pluviométrique est la répartition de la hauteur des précipitations annuelles entre les divers mois de l'année.

Les régimes pluviométriques se trouvent sous l'influence de deux groupes de facteurs :

- Les facteurs géographiques : altitude, latitude, éloignement de la mer et orientation des versants.
- Les facteurs météorologiques : masse d'air, centres d'action et trajectoire des dépressions.

1- Régime annuelle :

- **Ancienne période (1913-1938) :**

La moyenne annuelle des précipitations des stations de la zone d'étude varient entre 326mm pour la station de Sebdou et 474mm pour la station de Zenata.

- **Nouvelle période (1980-2004) :**

On remarque une diminution par rapport à l'ancienne période, les moyennes annuelles varient entre 267.5mm pour la station de Sebdou et 315.96mm pour la station de Zenata.

D'après les résultats, on remarque qu'il y a des perturbations pluviales due aux facteurs géographiques notamment :

Le Relief et principalement l'altitude (variant entre 900 m et 1250m) ;

Le degré de continentalité ;

Situation par rapport à la barrière que présente la chaîne montagneuse des piémonts de Sebdou, où il existe une variation importante de la pluviosité entre versant exposé aux pluies et celui exposé à l'ombre pluviale (**Le Houerou et al, 1977**) ;

L'exposition aux vents pluviaux du secteur Ouest et Nord Ouest (**Seltzer, 1946**).

2- Régimes mensuelles :

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux visualiser la distribution des quantités d'eau enregistrées au niveau de chaque station et de tous les mois de l'année.

Tablau 04: Précipitations moyennes mensuelles des deux périodes (ancienne et nouvelle).

station	périodes	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Zenata	ancienne période (1913-1938)	65	62	49	44	38	11	1	4	23	42	68	67
Zenata	nouvelle période (1980-2004)	40,93	43,81	45,49	32,29	28,43	6,46	1,35	2,18	12,31	20	46,41	36,3
Hammam Boughrara	ancienne période (1913-1938)	60	52	49	41	37	10	1	4	22	35	49	58
Hammam Boughrara	nouvelle période (1980-2004)	32,62	39,16	39,2	33,27	29,06	7,42	2,64	4,28	16,83	14,67	32,79	35,12
Sebdou	ancienne période (1913-1938)	43	41	37	25	34	15	5	7	19	32	35	42
Sebdou	nouvelle période (1980-2004)	48,4	13,9	37,1	12,03	13,06	3,2	1,2	2	15,01	43,7	35,6	42,3

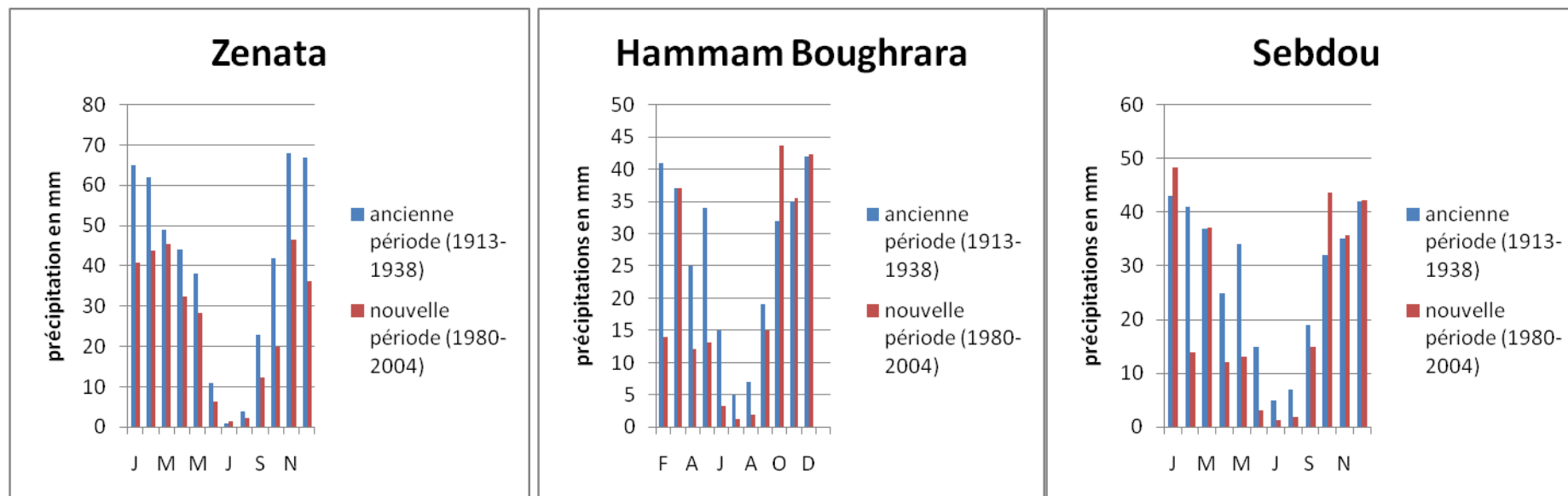


Fig 04 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles des deux périodes (ancienne et nouvelle).

- **Ancienne période (1913-1938) :**

- Sebdou : les précipitations mensuelles passent de 43mm au mois de Janvier à 5mm au mois de juillet.
- Zenata : La pluviosité passe de 68mm au mois de Décembre à 1mm au mois de juillet.
- Hammam Boughrara : la pluviosité varie entre 60mm au mois de Janvier et 1mm au mois de juillet.

- **Nouvelle période (1980-2004) :**

- Sebdou : les précipitations mensuelles passent de 48.4mm au mois de Janvier à 1,2 mm au mois de juillet.
- Zenata : La pluviosité passe de 48.41mm au mois de Novembre à 1.35mm au mois de juillet.
- Hammam Boughrara : la pluviosité varie entre 39.2mm au mois de mars et 2.64mm au mois de juillet.

En examinant les résultats, on peut dire que pour la nouvelle période, le maxima des pluies n'est pas toujours enregistré au même mois, tandis que le minima est toujours enregistré au mois de Juillet, cette irrégularité est l'une des caractéristiques du climat méditerranéen (**Emberger, 1930 ; et Daget, 1977**).

3- Régime saisonnier :

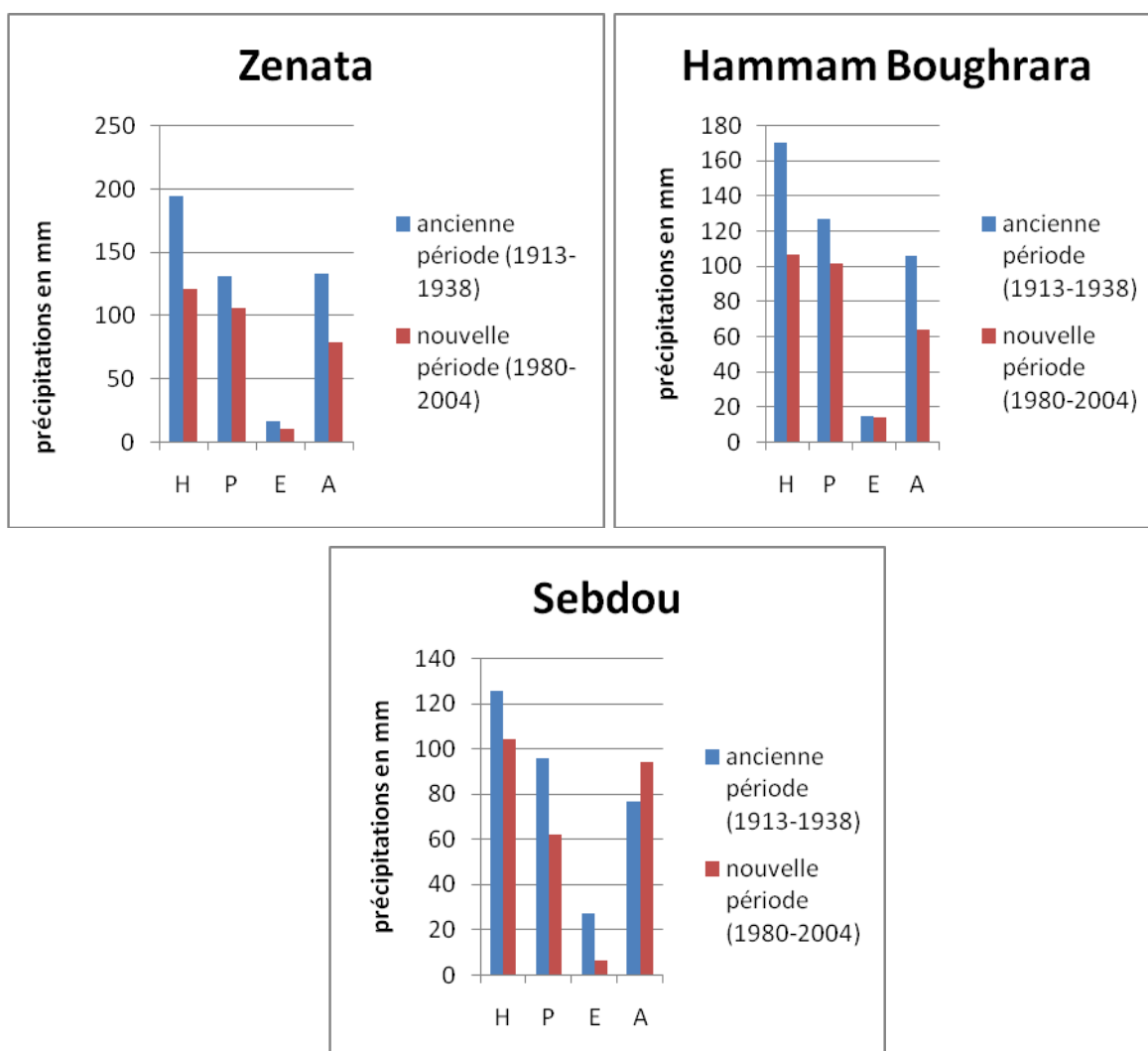
L'étude des moyennes pluviométriques saisonnières se justifie par l'importance de cette unité temporelle qui est la saison.

La variation saisonnière conditionne fortement les activités agricoles et le mode de vie, qui sont aussi liées étroitement aux fluctuations pluviométriques saisonnières.

L'Hivers (H) a été défini par les mois Décembre, janvier et Février, le Printemps (P) par les mois Mars, Avril et Mai, l'Eté par les mois Juin, Juillet et Aout, et l'Automne par les mois de Septembre, Octobre et Novembre.

Tableau 05 : régimes saisonniers

station	périodes	H	P	E	A
Zenata	ancienne période (1913-1938)	194	131	16	133
Zenata	nouvelle période (1980-2004)	121,04	106,21	9,99	78,72
Hammam Bouhrara	ancienne période (1913-1938)	170	127	15	106
Hammam Bouhrara	nouvelle période (1980-2004)	106,9	101,53	14,34	64,29
Sebdou	ancienne période (1913-1938)	126	96	27	77
Sebdou	nouvelle période (1980-2004)	104,6	62,19	6,4	94,31

**Fig 05 : Régime saisonnier d'ancienne et nouvelle période.**

D'après les graphes dans la figure 06 on peut dire que :

- Le régime saisonnier pour la station de Zenata a varié de type HAPE pour l'ancienne période à type HPAE pour la nouvelle période ;
- Le régime saisonnier pour la station de Hammam Boughrara est de type HPAE pour les deux périodes ;
- Et pour la station de Sebdou le régime saisonnier a changé de type HPAE au type HAPE.

On remarque qu'il y a un changement de régime saisonnier pour les deux périodes, à l'exception de la station de Hammam Boughrara qui présente le même régime saisonnier.

b- les indices climatiques :

1- Diagramme ombrothermique de Bangnoul et Gaussen (1953) :

Bangnoul et Gaussen considèrent qu'un mois est sec, quand le total des précipitations exprimé en mm est égal ou inférieur au double de la température exprimé en degré Celsius ($p \leq 2T$), cette relation permet d'établir des diagrammes pluviométriques sur lesquels la température est portée à une échelle double de celle des précipitations.

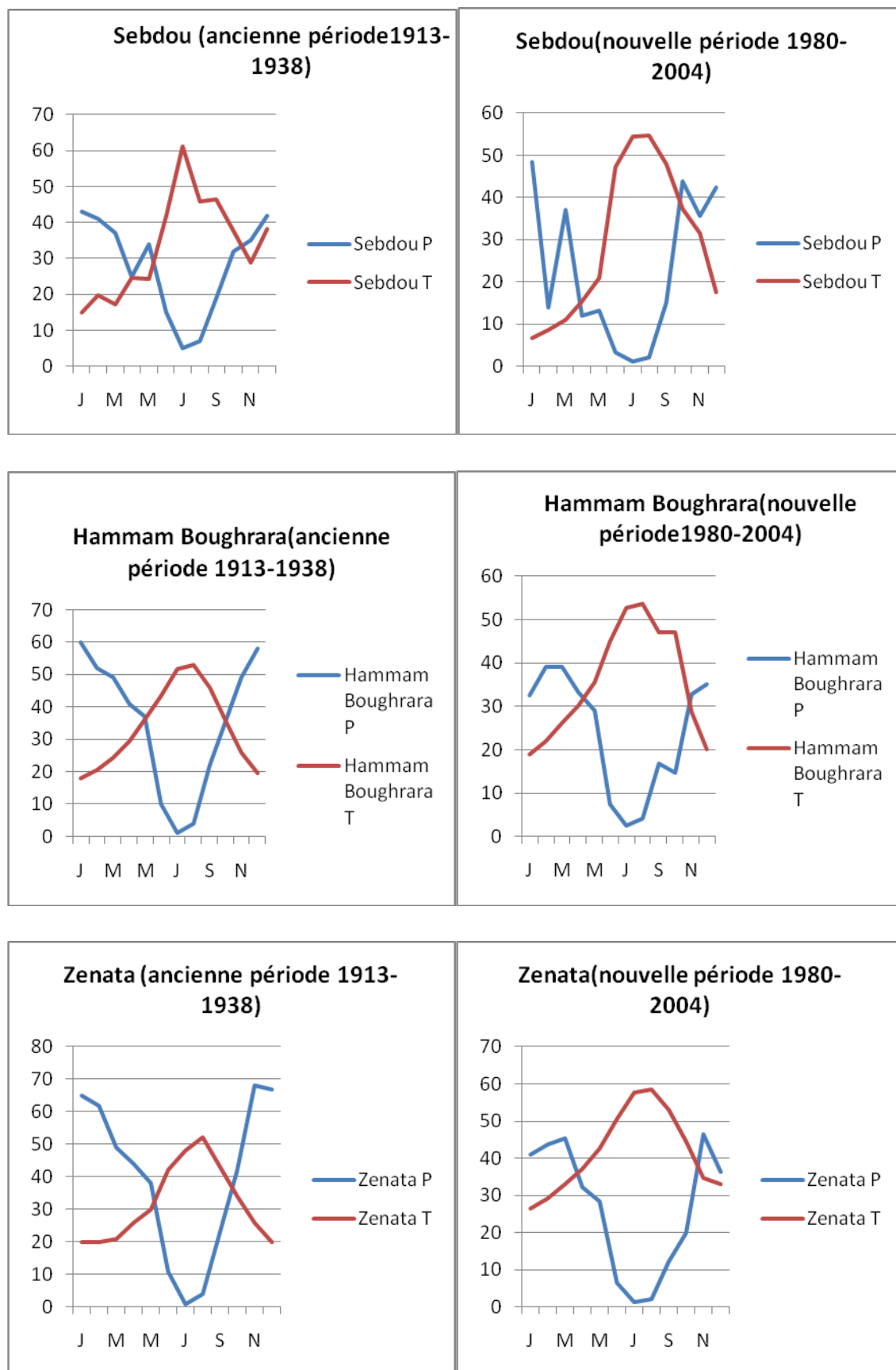


Fig 06: Diagramme de Bagnouls et Gaussen.

L'appréciation des diagrammes montre que la surface limitée par les courbes de températures moyennes et les précipitations moyennes de la nouvelle période est plus grande que celle de l'ancienne période pour l'ensemble des stations d'étude.

Pour la station de Sebdou la saison sèche s'étend de juin à Octobre pour l'ancienne période, et d'Avril jusqu'Octobre, pour la nouvelle période.

Pour la station de Zenata la saison sèche s'étend de Juin à Octobre pour l'ancienne période alors que pour la nouvelle période elle s'étend d'Avril jusqu'à Novembre

Pour Hammam Boughrara, la saison sèche était entre Juin et Octobre pour l'ancienne période, alors qu'elle s'étend de Mai jusqu'à Novembre dans la nouvelle période.

2-Indice d'aridité de Demartone :

Demartone (1923) a défini un indice appelé d'aridité « I » donnée par :

$$I = P/T + 10$$

P : Précipitation moyenne annuelles (en mm)

T : Températures moyennes (en°C).

Plus cet indice est faible ; plus le climat est aride.

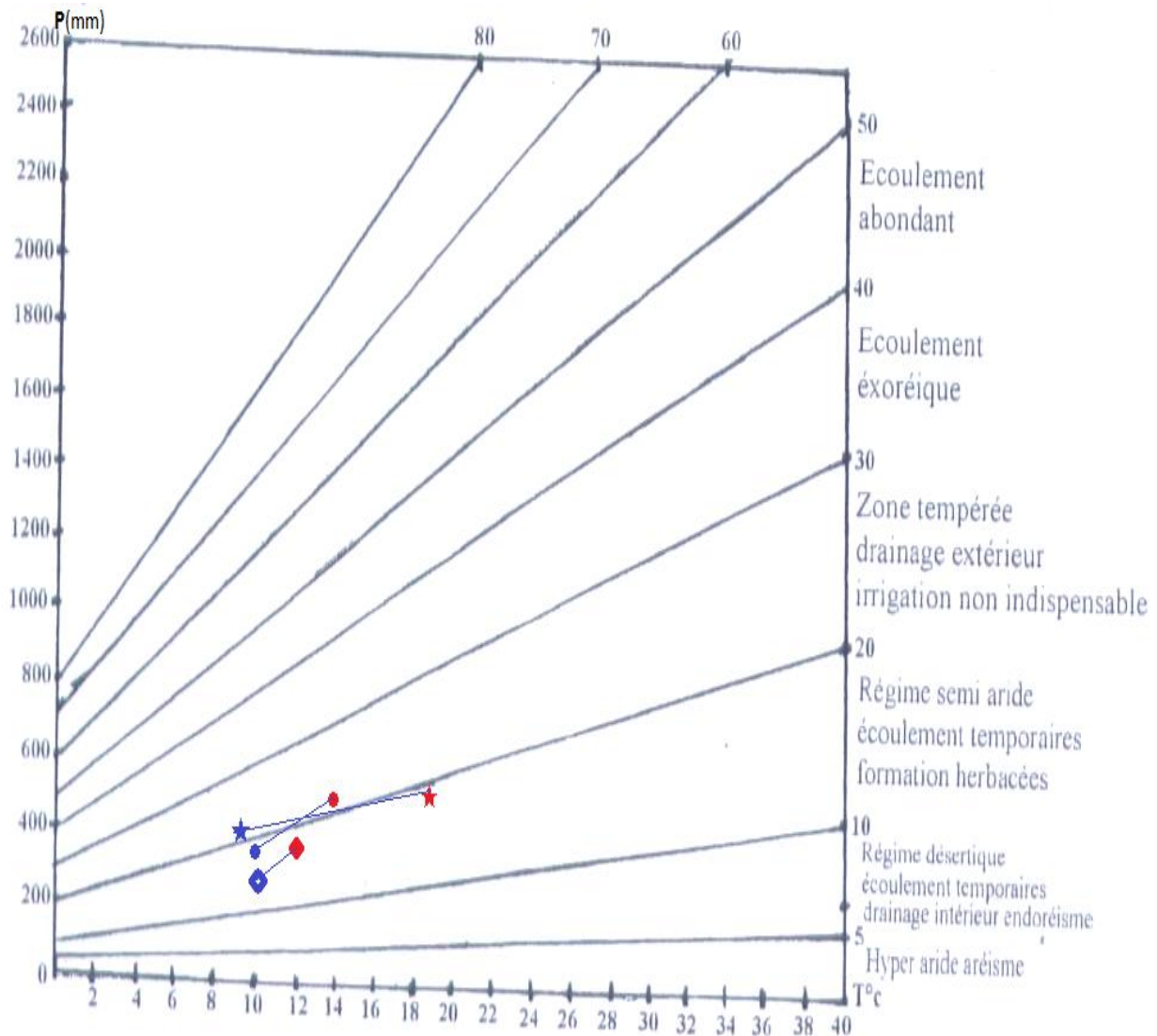
Tableau 06 : Indice de De Martone

station	ancienne période	nouvelle période
Sebdou	12,2	10,82
Hammam Boughrara	15,58	10,3
Zenata	18,3	10,23

Pour l'ancienne période (1913-1938), l'indice de De Martone calculé pour les stations d'étude est entre 12.2 et 18.3, ce qui indique que notre zone d'étude appartient au régime semi aride à écoulement temporaire.

Pour la nouvelle période (1980-2004), l'indice calculé varie peu entre 10.23 et 10.82, ce qui met notre zone d'étude au régime désertique à écoulement temporaire.

D'après les valeurs calculées de l'indice de De Martone pour les deux périodes, on peut dire qu'il a diminué par conséquent, il y'a eu une augmentation d'aridité.



- ★ Zenata (ancienne période) ● Hammam Boughrara (ancienne période)
- ★ Zenata (nouvelle période) ● Hammam Boughrara (nouvelle période)
- ◆ Sebdou (ancienne période)
- ◆ Sebdou (nouvelle période)

Fig 07: Indice de Demartone.

3- Quotient pluviométrique d'EMBERGER et STEWART :

EMBERGER. L ; 1930 ; 1955 a établi un quotient pluviométrique le **Q₂** ; qui est spécifique au climat méditerranéen ; ce dernier est le plus utilisé en Afrique du Nord, il permet de localiser l'ambiance bioclimatique des stations étudiées. Plus les valeurs du Q₂ sont basses plus le climat est sec

La formule du Q₂ d'Emberger a été modifiée par **SAUVAGE ET DAGET [45]** sur la base de la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 P}{(M-m)(M+m)} = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

- ♦ P : pluviosité moyenne annuelle
- ♦ M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (T+273°K)
- ♦ m : moyenne des minima du mois le plus froid (T+273°K).

La valeur $M + m/2$ du fait de son expression en degrés Kelvin varie peu ; STEWART (1969) l'assimile à une constante k 3,43 et développe une reformulation du quotient pluviométrique de la manière suivante:

$$Q_3 = 3.43 \frac{P}{M-m}$$

- ♦ M et m s'expriment en degrés Celsius.
- ♦ P est exprimé en mm

Les valeurs du Q₂ de l'ancienne et la nouvelle période sont exprimées dans le tableau 7

Tableau 07 : Quotient d'Emberger

stations	Ancienne période	Nouvelle période
Sebdou	34.32	27.88
Hammam Bouhrara	48.76	28.26
Zenata	64.16	40.28

Après l'installation du quotient Q₃ sur le climagramme pluviométrique d'Emberger, on a obtenu les résultats suivants :

La station de Sebdou, passe du semi aride à hivers frais pour l'ancienne période, à aride à hivers tempéré pour la nouvelle période.

La station de Hammam Bouhrara, passe du semi aride à hivers tempéré pour l'ancienne période, à aride à hivers frais pour la nouvelle.

La station de Zenata, passe du sub humide à hivers tempéré pour l'ancienne période, au semi aride à hivers tempéré pour la nouvelle période.

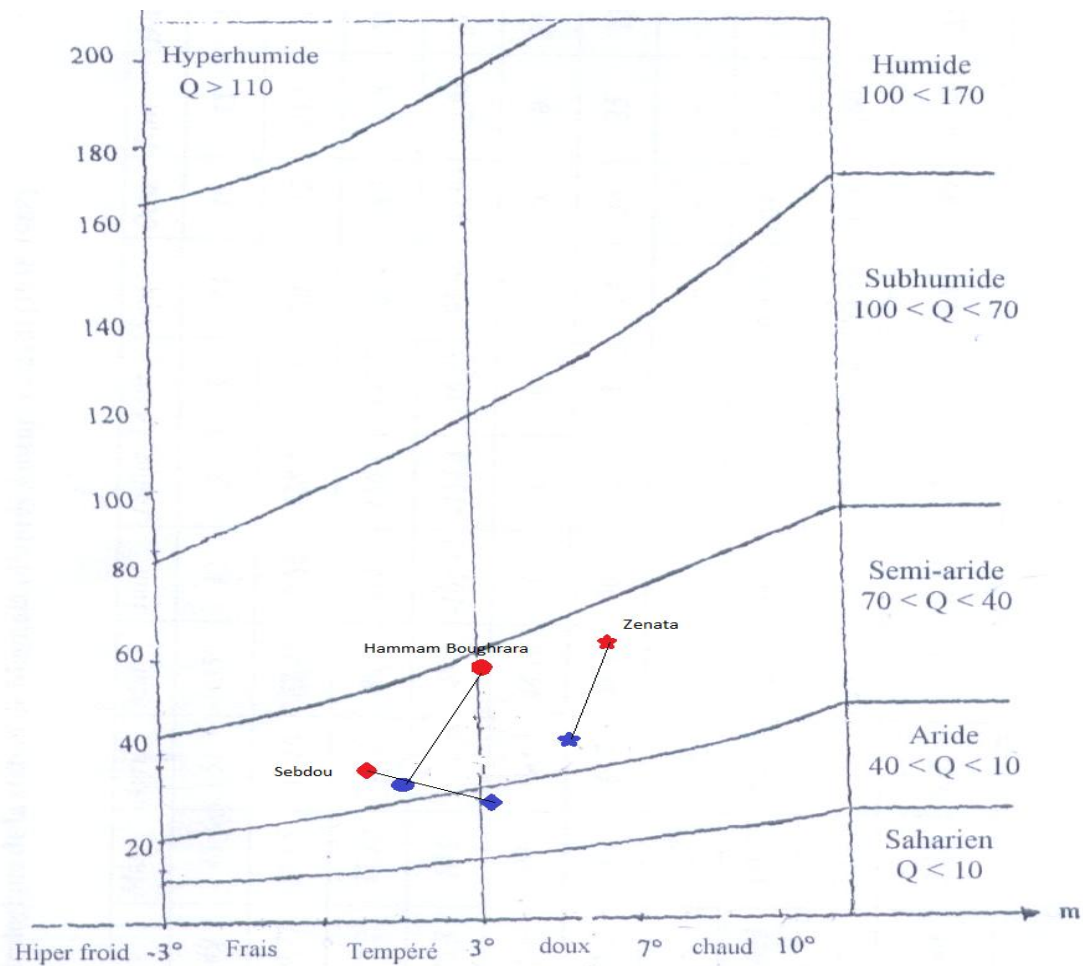


Fig 08 : Climagramme d'Emberger.

c- La variation des débits :

L'analyse des débits moyens mensuels permet de mettre en évidence les régimes des cours d'eau et leurs variations inter annuelles ou inter-saisonnières.

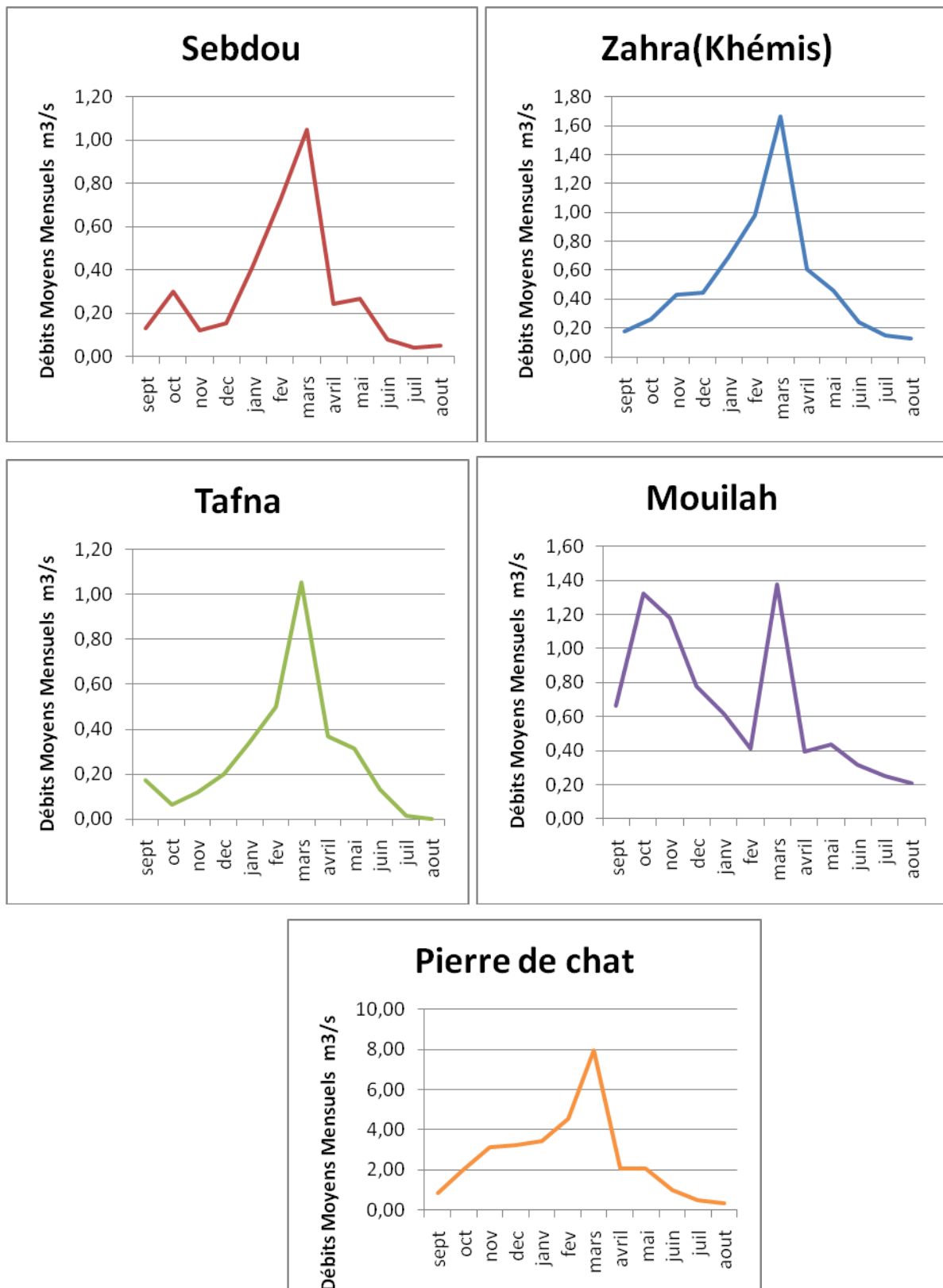


Fig 09: variations des débits mensuels moyens (1975-2005).

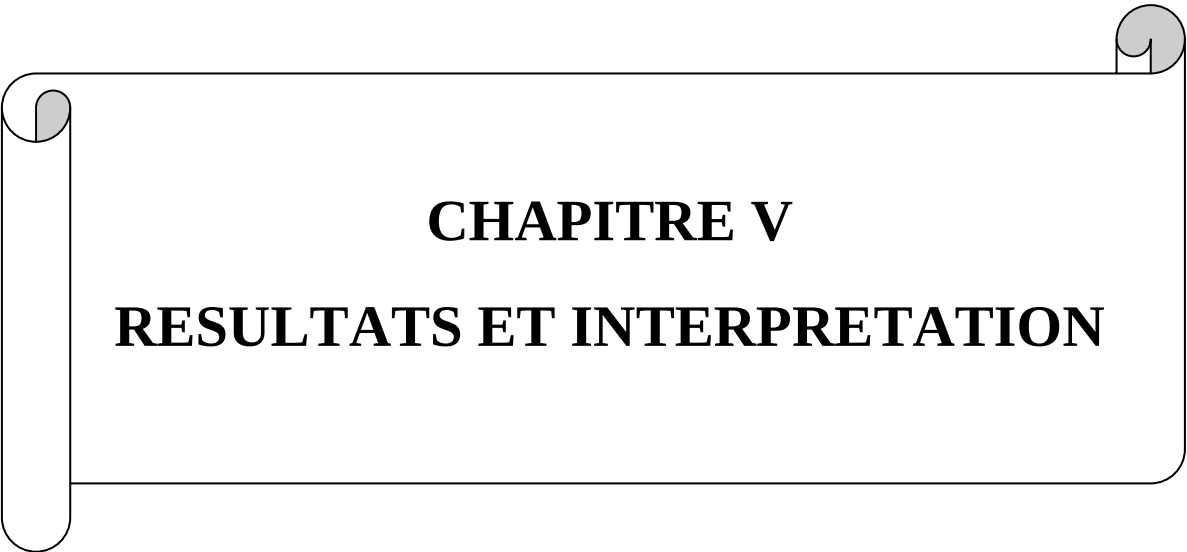
L'observation des graphes dans la figure 07 montre que les maxima mensuels sont observés au mois de mars pour toutes les stations qui correspond à la période des hautes eaux, alors que les minima mensuels sont enregistrés en juillet-août qui correspond à la période d'étiage.

III-Conclusion :

Notre étude climatique montrée les résultats suivantes :

- Une légère augmentation de la température moyenne mensuelle de la nouvelle période par rapport à l'ancienne période;
- Une diminution des précipitations moyennes mensuelles à la nouvelle période par rapport à l'ancienne période ;
- Une élongation de saison sèche dans la nouvelle période par rapport à l'ancienne période ;
- Une augmentation de l'aridité pour la nouvelle période.

Ces résultats révèlent que notre zone d'étude a vécu un éventuel changement climatique, Ces changements se traduisent par une diminution et une irrégularité croissante des précipitations, un allongement de la saison sèche et une tendance du climat vers l'aridité.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both featuring rounded ends and a slight shadow effect.

CHAPITRE V

RESULTATS ET INTERPRETATION

I-Données physico-chimiques :

1-Evolution spatiale des paramètres physico-chimiques :

1-1Température :

L'analyse des résultats montre qu'il y a une différence significative entre les stations ($p < 0.05$) les températures moyennes varient entre 16,46°C à la station K1 et T2 en amont, et 26,8°C à la station T8 en aval. L'écart thermique entre l'amont et l'aval de la Tafna est de 2,5°C en période de hautes eaux et de 3,5°C en étiage (Figure 10). Cette hétérogénéité des températures est à mettre en relation avec l'heure des mesures et les caractéristiques des stations de prélèvement (altitude, pente, largeur, profondeur, couvert végétal) qui sont différents de l'amont vers l'aval.

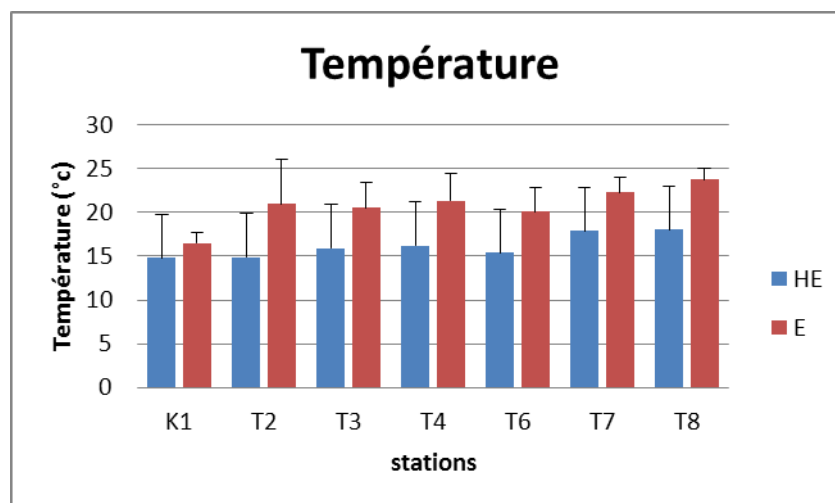


Fig 10: variation spatio-temporelle de la température de l'eau.

1-2 Oxygène dissous :

A l'exception de la station T2, où l'oxygène dissous diminue significativement ($P < 0.003$), le taux d'Oxygène varie peu de l'amont vers l'aval, les concentrations moyennes varient entre 5,34 mg/l dans la station T2, qui reçoit les rejets domestiques de la ville de Sebdou et 8,13 mg/l dans la station T8, à l'aval de la Tafna, indiquant une légère amélioration de la qualité de l'eau.

En effet, toutes les stations présentent généralement, une sous-saturation (Figure11), qui peut être due à l'accumulation de la matière organique.

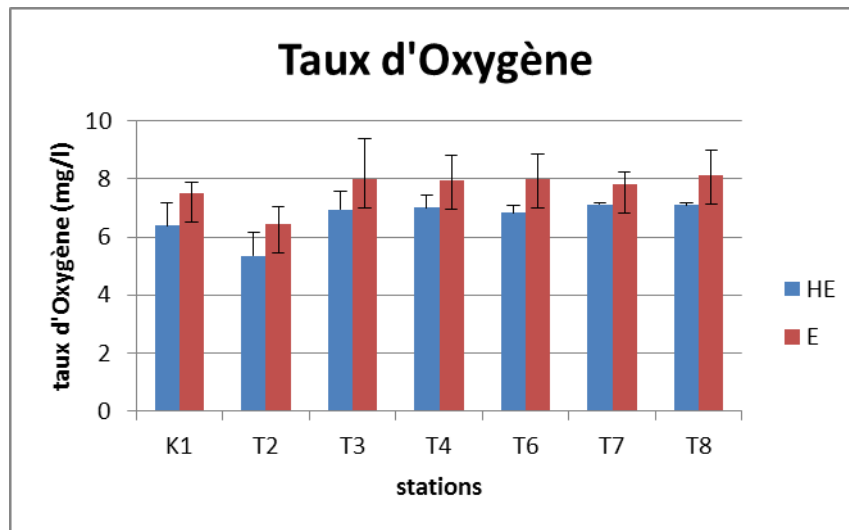


Fig 11: variation spatio-temporelle de taux d'Oxygène.

1-3pH :

Le pH est neutre à alcalin dans l'ensemble des stations de notre zone d'étude, cette alcalinité est due aux terrains calcaires traversés (**Authier, 1981**). Le pH présente une légère variation entre les stations d'étude, il varie entre 7,48 dans la station K1, et 8.12 dans la station T6.

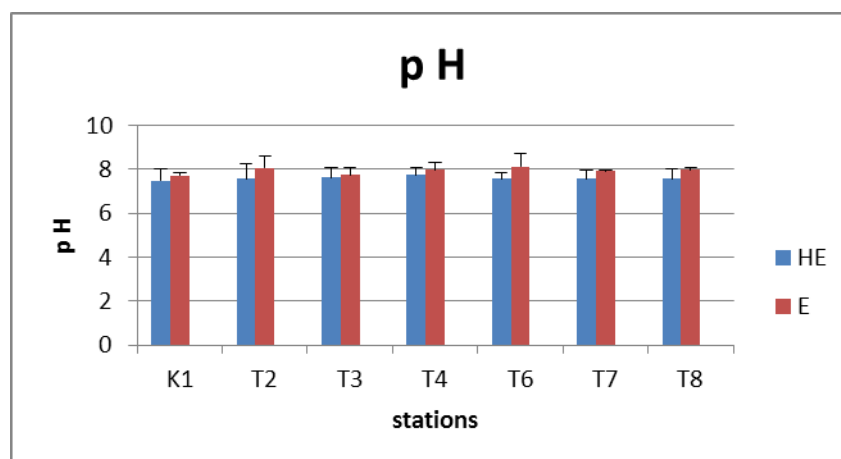


Fig 12: variation spatio-temporelle de pH.

1-4 Conductivité :

Les résultats montrent clairement que la différence est hautement significative entre les stations ($P < 0.0001$), la moyenne de conductivité varie de $645,75 \mu\text{S}/\text{cm}$ dans la station K1, à $2891,3 \mu\text{S}/\text{cm}$ dans la station T8. En effet, les stations avalées sont les plus minéralisées.

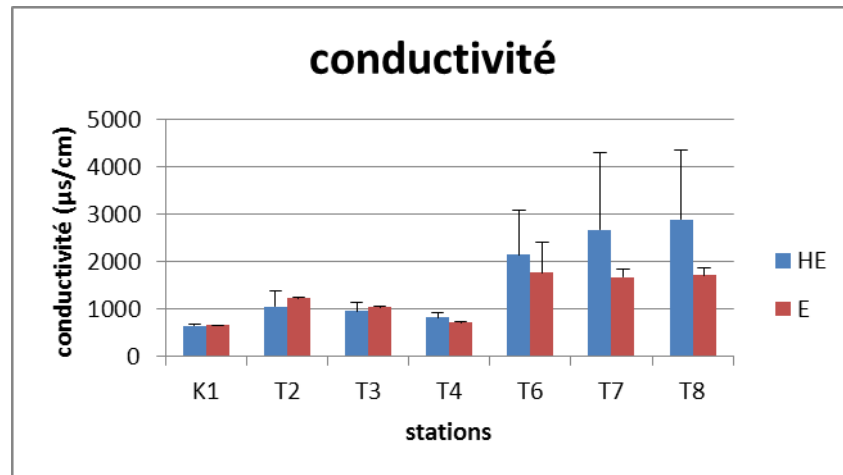


Fig13 : variation spatio-temporelle de la conductivité.

1-5 Demande biochimique en oxygène DBO_5 :

Les résultats montrent qu'il y a une différence hautement significative entre les stations ($P < 0.0001$), la DBO_5 présente des valeurs moyennes qui varient entre 12 mg/l dans la station K1, et 38.05 mg/l dans la station T8, on peut dire que la DBO_5 présente un gradient amont aval significatif, la station T2 qui reçoit les rejets urbains et industriels de la ville de Sebdou, présente des valeurs semblables à celles des stations avalées.

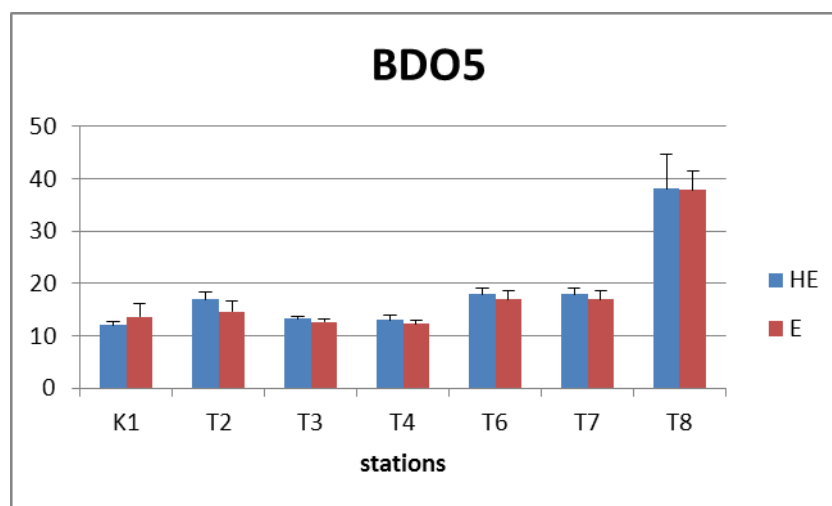


Fig 14: variation spatio-temporelle de la DBO_5 .

1-6 Chlorures :

La teneur moyenne en chlorure dans les stations d'étude présente des valeurs très élevées, comprise entre 256,75mg/l dans la station K1 et 426,83 mg/l dans la station aval T8, les chlorures présentent un gradient amont aval croissant $P < 0.0001$. Les chlorures sont naturellement présents dans les eaux en faibles concentrations (2 à 4 mg/l) (Nisbet et Verneaux, 1970), les teneurs élevées reflète l'effet des activités humaines.

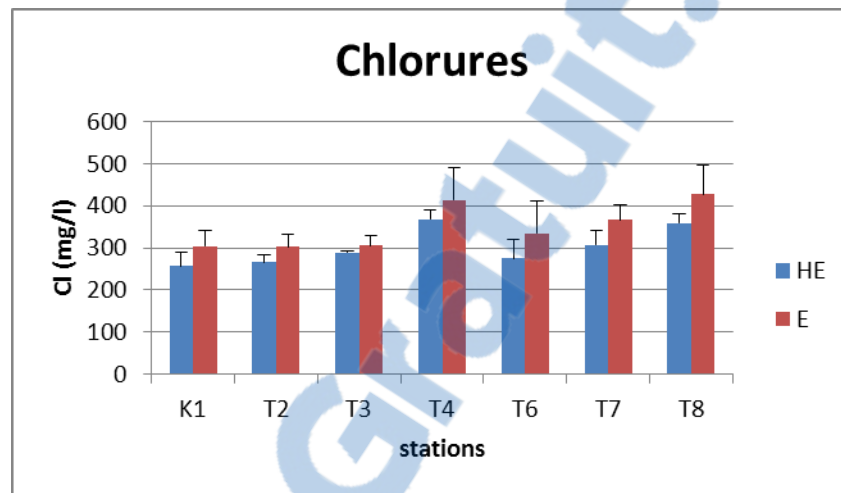


Fig 15: variation spatio-temporelle des chlorures.

2-Evolution temporelle des paramètres physicochimiques :

2-1 Température :

D'après L'ANOVA1, la température de l'eau varie significativement entre les deux périodes ($P < 0.003$), elle diminue significativement durant les hautes eaux. La température moyenne minimale enregistrée est de 14,8°C, tandis que la température moyenne maximale enregistrée durant la période des étiages est de 24.73°C. Cette variation de la température est à mettre donc en relation avec la variation des saisons.

2-2 Oxygène dissous :

D'après le graphe de la figure11, la variation de l'oxygène dissous présente une différence significative entre les deux périodes hydrologiques. La valeur moyenne minimale de 5,34 mg/l, est enregistrée en période des hautes eaux, tandis que la valeur maximale de 8,13 mg/l, est enregistrée en période d'étiage, ceci est lié à l'activité photosynthétique plus intense en été.

2-3 pH :

D'après le graphe de la figure 14, il y a une légère augmentation des valeurs du pH durant la période des étiages, la valeur moyenne maximale enregistrée est de 8,12. ceci est lié à une activité photosynthétique plus intense en été.

La valeur moyenne minimale enregistrée en hautes eaux est de 7,48.

2-4 Conductivité :

On peut déceler d'après le graphe dans la figure 15, une perturbation des valeurs de la conductivité aux deux périodes par rapport aux stations : pour les stations amont, bien que, les valeurs enregistrées aux étiages sont plus élevées, la différence n'est pas significative entre les périodes hydrologiques ($P > 0,1$). Ceci est lié à l'évaporation induisant la concentration des sels.

A l'opposé, les valeurs enregistrées pendant les hautes eaux dans les stations avalées sont significativement plus élevées ($p < 0,001$), du aux lâchers d'eau plus concentrées des deux barrages (Hammam Boughrara et Sekkak).

2-5 DBO₅ :

D'après le graphe de la figure 16 et l'ANOVA1, la DBO₅ ne présente pas de variation significative entre les deux périodes ($p > 0,1$), les teneurs moyennes varient entre 12mg/l et 38.05mg/l durant les hautes eaux, et entre 13.66mg/l et 37.8 mg/l durant les étiages.

2-6 Chlorures:

La variation des chlorures montre une augmentation hautement significative en étiage ($P < 0.0001$). La valeur moyenne minimale (256,75mg/l) est enregistrée en période des hautes eaux, et la valeur moyenne maximale (426,83mg/l) est enregistrée en période des étiages .

3-Analyse statistique (ACP) :

Dans notre étude on va utiliser la méthode intergroupe dite « between », elle permet de mettre en évidence l'influence du facteur temps et facteur station sur les paramètres physico-chimiques.

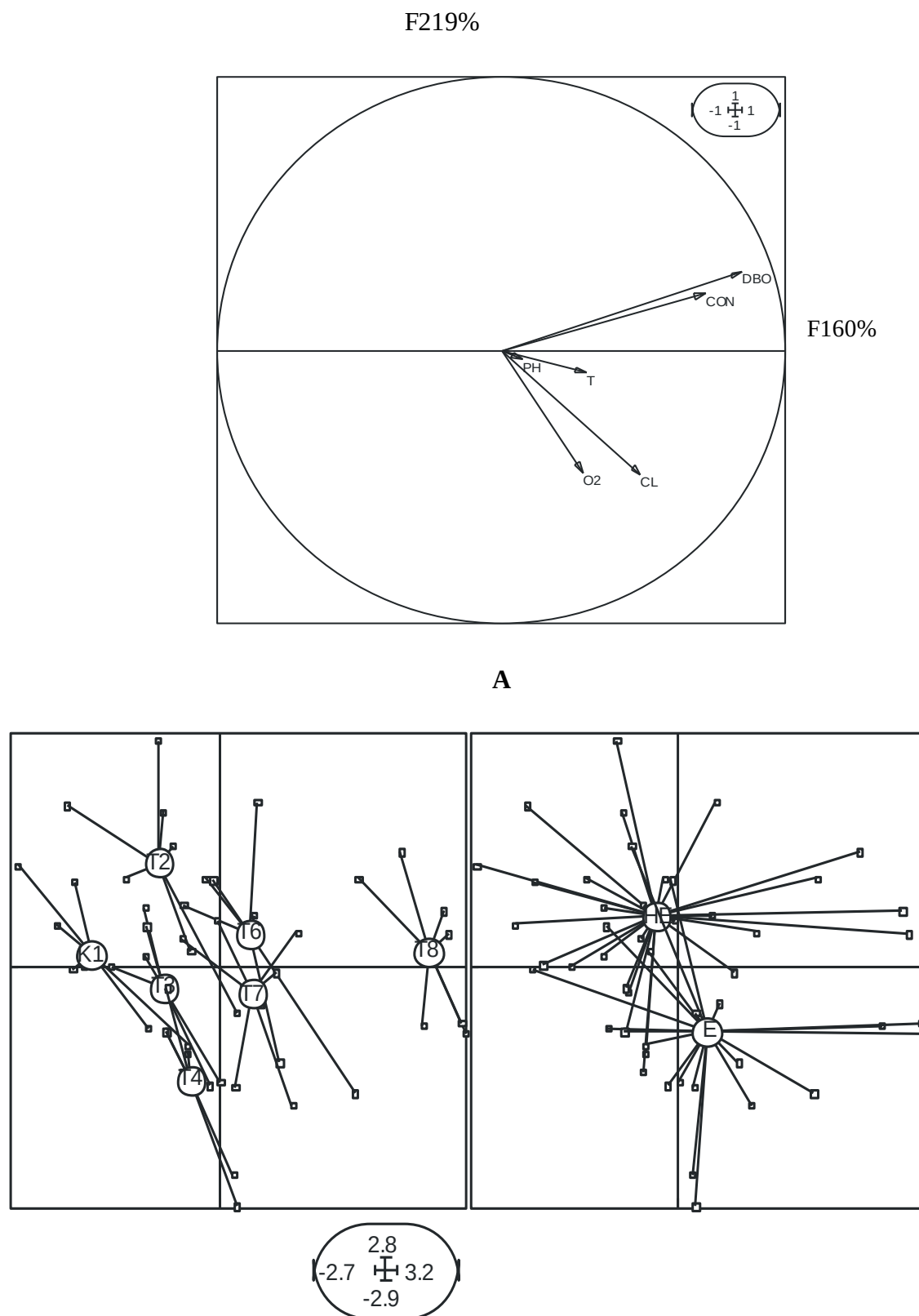


Fig 16: **A** : Cercle de corrélation. **B** : Distributions Spatiale des points de prélèvements dans le plan factoriel F1-F2, C: Evolution temporelle (HE : hautes eaux ; E : étiage).

L'axe 1 explique 60% de la variance totale, et l'axe 2 explique 19% de la variance totale. La DBO₅, la conductivité, et la température, sont corrélées positivement avec l'axe 1 fig.18.A, il représente un gradient amont aval de pollution fig.18.B, opposant les stations moins minéralisées aux stations riches en matière organique. L'axe 2 est exclusivement défini par l'oxygène dissous, variable représentant la seule corrélation non négligeable (0.51%), il oppose les stations bien oxygénées donc moins polluées aux stations polluées, en effet, les deux stations K1 et T8 s'opposent de part et d'autre de l'axe 1, la station K1 (station amont), se caractérise par une DBO₅ et une conductivité faible, et la station T8 (station aval) se caractérise par une conductivité et une DBO₅ élevées.

L'effet spatial se traduit par la présence de 3 groupes de stations (Fig 18 B). La station la plus polluée T8, caractérisée par une très forte minéralisation et une charge en matière organique importante, s'oppose sur l'axe 1 aux stations les moins soumises à l'influence des rejets et avec de faibles valeurs pour la DBO₅ et la conductivité (K1, T3 et T4). Entre ces deux groupes se placent les stations de qualité physico-chimique intermédiaire (T7 et T6 et dans une moindre mesure T2). Ceci indique un gradient de pollution croissant de l'amont vers l'aval.

La seconde composante de l'ACP liée à l'oxygène dissous suggère un axe saisonnier (Fig 18 C): étiage s'opposant aux hautes eaux. Ces 2 axes permettent d'obtenir une typologie correspondant à une forte minéralisation liée à la consommation de l'oxygène dans la station T2 et dans une moindre mesure la station T6 et T8.

En conclusion nos stations d'étude présentent globalement une dégradation de la qualité de l'eau croissante de l'amont vers l'aval de l'oued Tafna.

II-Données faunistiques :

1- Composition de la faune benthique des stations d'étude :

Les macroinvertébrés sont ceux qui vivent habituellement à la surface ou dans les premiers centimètres des sédiments (**Tacchet et al, 1980**). L'étude du benthos permet d'apprécier la structure, la composition, et la distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés (**Cereghino, 1992**).

Les prélèvements effectués entre février et octobre 2010 ont permis de récolter 98 taxons, dont 22 grands groupes zoologiques (ordres). Les groupes les plus abondants de la

faune récoltée sont les Diptères, les Ephéméroptères, les Trichoptères, et les Oligochètes. Les autres sont relativement moins abondants comme les Coléoptères, les Mollusques, les Hétéroptères, les Crustac

1-1 Diptères

C'est le groupe zoologique le plus représentatif, avec 12896 individus. C'est un groupe zoologique très important par sa diversité et sa richesse spécifique. Il est représenté par 24 taxons (dont familles et genres), avec 17 familles :

La famille des Chironomidae : c'est la plus dominante, avec une abondance de 19%, et la plus fréquente avec une fréquence de 79%. Elle est présente dans toutes les stations. L'importance de cette famille est dans sa diversité, on a pu identifier 5 sous familles, dont les Tanytarsinae, les Orthocladinae, et les Tanytrodinae, avec des abondances relatives respectives de 9% ; 6% et 2% de la faune totale.

La famille des Simuliidae : cette famille est très abondante surtout dans les stations amont, présentant une abondance de 18%, et assez fréquente 67%, son abondance est plus remarquable dans la station T2 qui abrite 70% de la faune simuliidienne. L'importance relative de cette famille dans la zone amont peut être due au développement des formes torrenticoles, et à la remontée en altitude des espèces (**Haouchine, 2011**). Les individus de cette famille sont des espèces filtreurs ou racleurs de substrat.

Les Psychodidae : leur abondance est de 1.2%. C'est une famille qui caractérise la haute Tafna, et qui pullulent notamment dans la station K1. Ce sont des espèces racleurs de substrat vaseux.

Les Ceratopogonidae de type vermiforme et de type deséhydae, sont moyennement abondants, avec des abondances de 1.7% et 1.4% respectivement.

Les autres familles (Athericidae, Tipulidae, Tabanidae...), ne représentent qu'une très faible abondance ($\leq 0.3\%$).

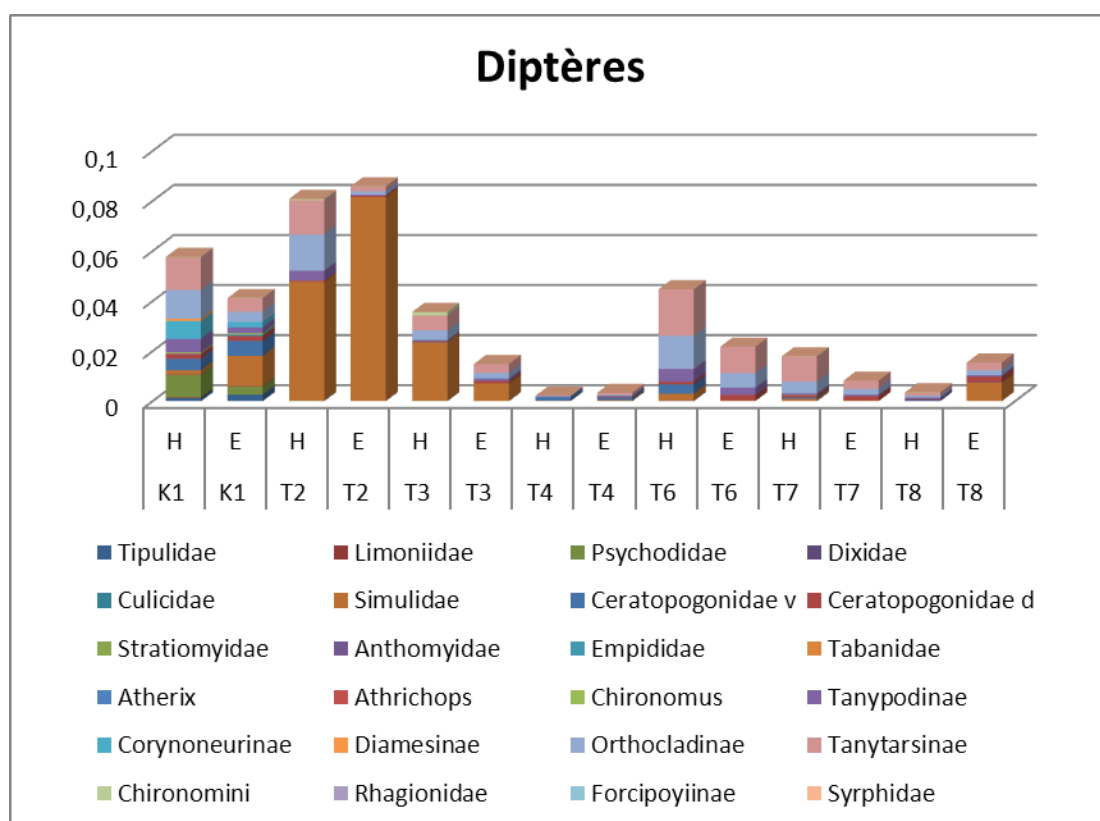


Fig 17: Abondance des différents taxons des Diptères dans les deux périodes.

1-2 Ephéméroptères :

C'est le deuxième groupe zoologique abondant (20%), il est moins diversifié que les diptères, 4 familles ont été identifiées :

La famille des Baetidae, la plus représentative (une abondance de 17% et une fréquence de 67%) par deux genres. Le genre **Baetis**, qui est le plus abondant, représente plus de 99% de cette famille, Le genre **Procloen** qui présente une faible abondance (0.6%), c'est un taxon rare, affectionnant les habitats des secteurs moyens et avals des cours d'eau (**Lounaci et Daoudi, 1996 ; Mebarki, 2001**). Les individus de cette famille sont des espèces brouteurs.

La famille des Heptageniidae, est peu fréquente (17%), elle est aussi représentée par un seul genre, le genre **Echdyonurus**, déjà cité par **Gagneur et Thomas(1988)** dans toute les stations, mais qui n'apparaît qu'aux stations K1, T2 avec un seul individu pour chacune, et T4 avec une abondance relative (0.9%).

La famille des Caenidae, déjà citée par **Gagneur et Thomas(1988)**, est représentée par un seul genre : **Caenis**. Ce genre est très fréquent (0.63), et assez abondant, avec une abondance de 2.9%. Ce sont des organismes broyeurs et détritovores.

La famille des Leptophlebiidae, représentée par un seul genre, **Paraleptophlebia** et signalé par **Gagneur et Thomas (1988)** à oued Chouly, a été récoltée dans notre étude aux stations K1 et T3 pendant les hautes eaux. ils sont peu fréquents (4%) et peu abondants (0.1%),.. Il Les individus de cette famille sont de type broyeur et détritovore.

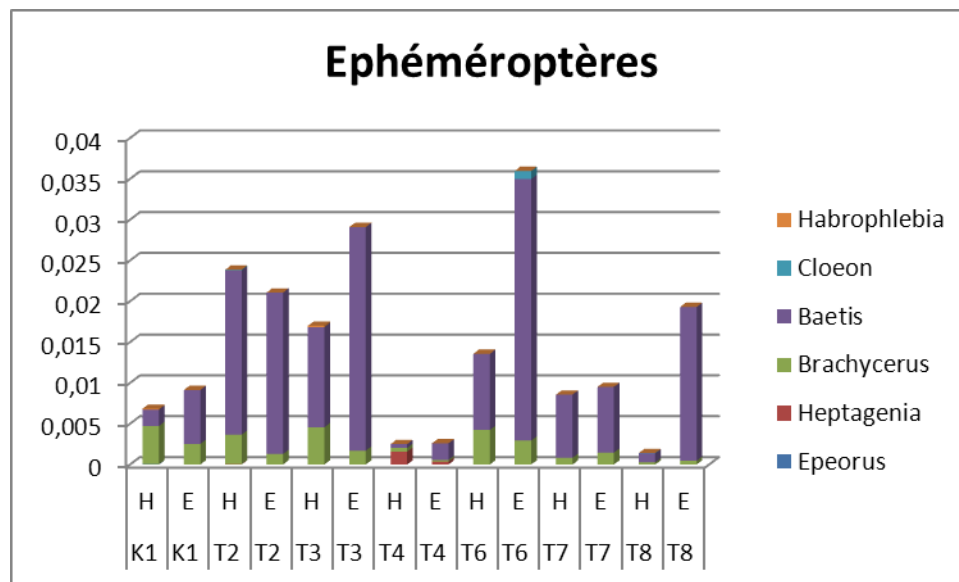


Fig 18: Abondance des différents taxons des Ephéméroptères pour les deux périodes de prélèvement.

1-3 Trichoptères :

Ce groupe représente 6.21% de la faune totale, il est représenté par 9 familles dont :

La famille des Hydropsychidae, qui est assez fréquente (59%) et abondante (5%), notamment dans la station T3 (1.5%), les espèces de cette famille sont des filtreurs. La famille des Ecnomidae, peu abondante (0.6%), mais assez fréquente (38%). La famille des hydroptilidae, peu abondante (0.29%), et assez fréquente (38%). Les autres familles : Psychomidae, Philopotamidae, phryganeidae, Glossosomatidae, Plycentropodidae et les Leptoceridae, sont très faiblement représentées.

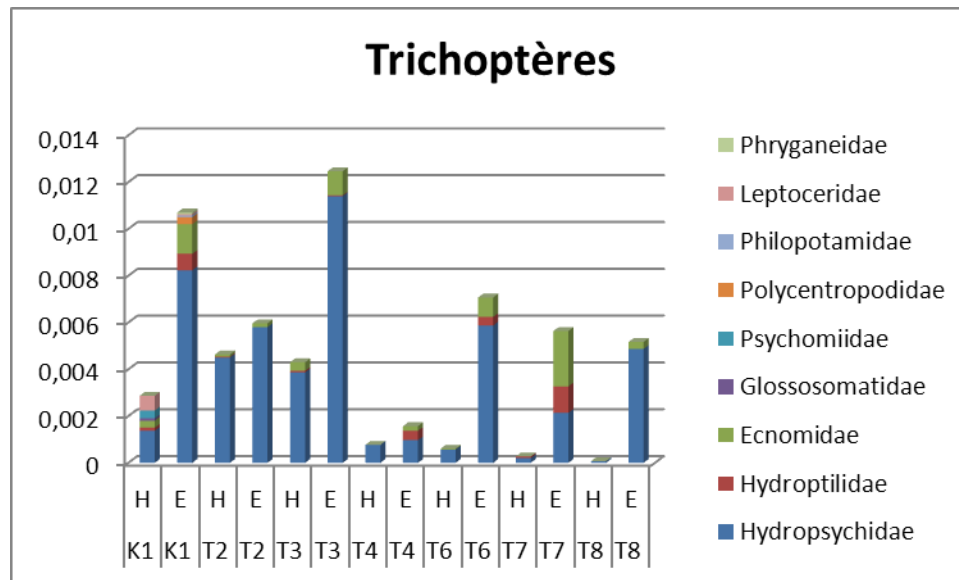


Fig 19: Abondance des différents taxons des Trichoptères pour les deux périodes de prélèvement.

1-4 Coléoptères :

Les Coléoptères existent sous deux formes (larvaire et adulte), ils sont représentés par 6 familles, dont la famille des Elmidae, c'est la plus diversifiée, 4 genres ont été identifiés pour cette famille, elle est peu abondante (0.08%) et peu fréquente (16%). La famille des Dytiscidae, représentée par un seul genre Rhunthus, 47 individus ont été récoltés, ils sont peu abondants et peu fréquents. La famille des Gyrinidae, représentée par 11 individus, La famille des Dryopoidae, représentée par deux genres, Helichus (1 seul individu a été récolté) et le genre Dryops (14 individus ont été récoltés). La famille des Hydrophilidae, représentée par 26 individus, ils sont très peu fréquents, ils n'ont été récoltés qu'une seule fois à la station T8. La famille des Chrysomilidae, un seul individu a été récolté, dans la station T6.

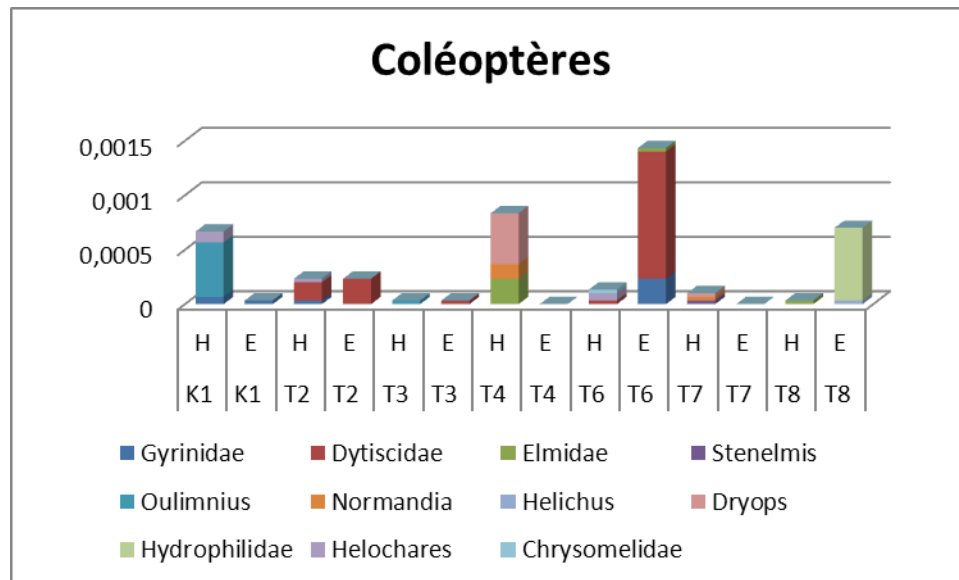


Fig 20: Abondance des différents taxons des Coléoptères.

1-5 Oligochètes :

Les Oligochètes représentent environ 7% du matériel récolté, 7 familles ont été identifiées :

La famille des Naididae, représentée par deux genres, le genre *Nais* rencontré presque dans toutes les stations, et le genre *Paranais*, qui est plus abondant dans les stations aval.

La famille des Tubificidae, qui a été récolté dans toutes les stations sauf dans la station K1. Elle est assez fréquente, avec une fréquence de 0.34, ce sont des mangeurs de substrat.

La famille des Enchytraeidae, représenté par 472 individus, elle est moins abondante que la famille des Tubificidae, mais plus fréquente, avec une fréquence de 40%. Les individus de cette famille sont des mangeurs de substrats (humus, débris végétaux),

La famille des Lumbriculidae, est peu fréquente (22%), représentée par 40 individus, qui sont des mangeurs de substrat (limons, débris organiques),

La famille des Lumbricidae, représentée par 11 individus, et une fréquence de 0.1, on la rencontre surtout dans la station K1.

La famille des Amphichaeta, et la famille des Proppapidae sont les deux moins représentées, par 4 et 2 individus respectivement.

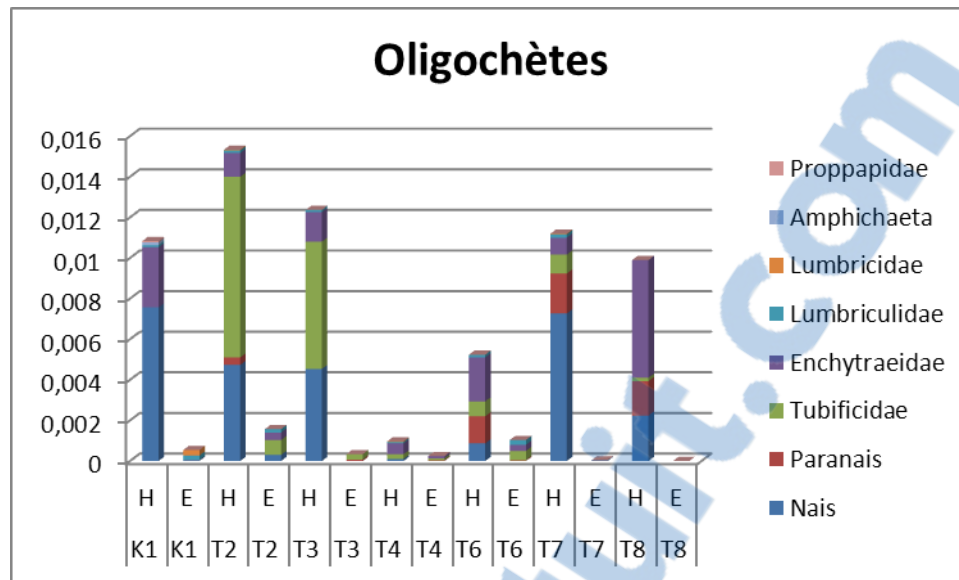


Fig 21: Abondance des différents taxons des Oligochètes.

1-6 Mollusques :

Ils représentent environ 3.9% du matériel récolté, soit 1188 individus, ils regroupent les Gastéropodes et les bivalves.

Les gastéropodes sont représentés par 9 familles, dont la famille des Physidae, la plus abondante (0.01), elle est assez fréquente (46%), elle n'est absente qu'à la station T3, les membres de cette famille sont des organismes brouteurs et racleurs de substrat. La famille des Lymnaeidae est aussi peu abondante (1%) et moins fréquente (2%), elle est plus abondante en T4, les membres de cette famille sont des brouteurs et des racleurs de substrat. La famille des Bithyniidae, est peu abondante (0.003) et peu fréquente (0.18), sa présence est plus remarquable dans la station T4, les individus de cette famille sont des brouteurs et racleurs de substrat (débris végétaux). La famille des Bythinellidae, plus abondante dans la station T4, est peu fréquente (0.22), les espèces de cette famille sont des racleurs de substrat. Les familles des Valvatidae, Planorbidae, Hydrobidae, Viviparidae et Ancyliidae présentent des abondances ≤ 0.002 . Ce sont des organismes brouteurs, racleurs et filtreurs.

Pour les Bivalves, ils sont représentés par une seule famille, Sphaeriidae, avec une abondance de 0.2% et une fréquence de 2%, elle n'a été récoltée qu'aux stations K1 et T4, ils sont des organismes filtreurs des eaux interstitielles,

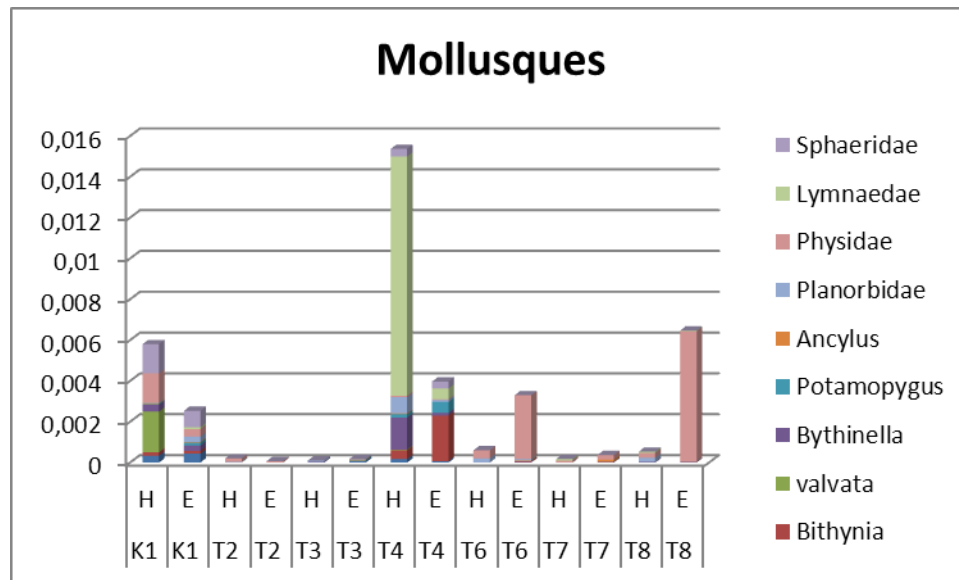


Fig 22: Abondance des différents taxons des Mollusques.

1-7 Odonates :

Ils forment moins d'1% de la faune totale, 4 familles ont été récoltées pour ce groupe. Ils sont des prédateurs stricts, se nourrissent des insectes, les petits Crustacés et les autres odonates.

La famille des Calopterygidae, elle est représentée par deux espèces : *Agrion splendens* qui est peu fréquente (0.1) et moins abondante (0.0003), *Agrion vigro* qui peu abondante (0.0007) et moins fréquente (0.06).

La famille des Lestidae, représentée par un seul genre *Sympecta*, un seul individu.

La famille des Aeschinidae, un seul individu a été récolté, pour cette famille.

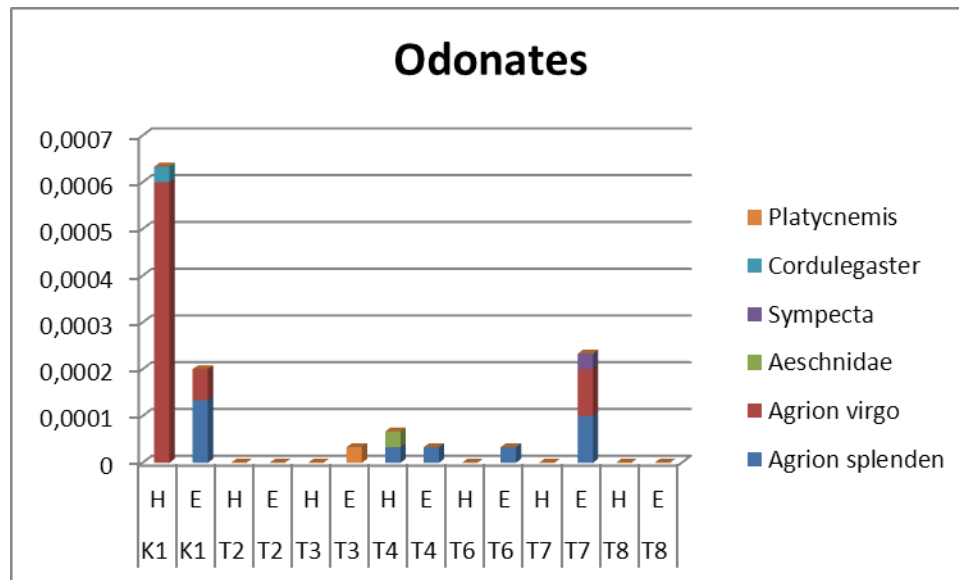


Fig 23: Abondance des différents taxons des Odonates.

1-8 Héétéoptères :

Ce groupe représente environ 4% de tout le matériel récolté. **Dethier (1985, 1986)** signale que les Héétéoptère sont des insectes d'eau stagnante, ce groupe est représenté par 4 familles.

La famille des Corixidae, c'est la plus abondante (3%), elle se trouve dans les eaux calmes et aux bordures des cours d'eau peu rapides, riches en macrophytes et en algues (**Tebibel, 1991 ; Poisson, 1938**). Cette famille est représentée par un seul genre ***Micronecta*** qui est le plus fréquent (0.34).

La famille des Notonectidae, est représentée par 18 individus, elle n'a été récoltée qu'aux stations K1 et T2, ce sont des prédateurs suceurs,

La famille des Nepidae, deux individus seulement ont été récolté dans la station T6, ils sont des prédateurs suceurs.

La famille des Pleidae, un seul individu a été récolté de genre ***Plea*** dans la station T6. Ces organismes sont des suceurs.

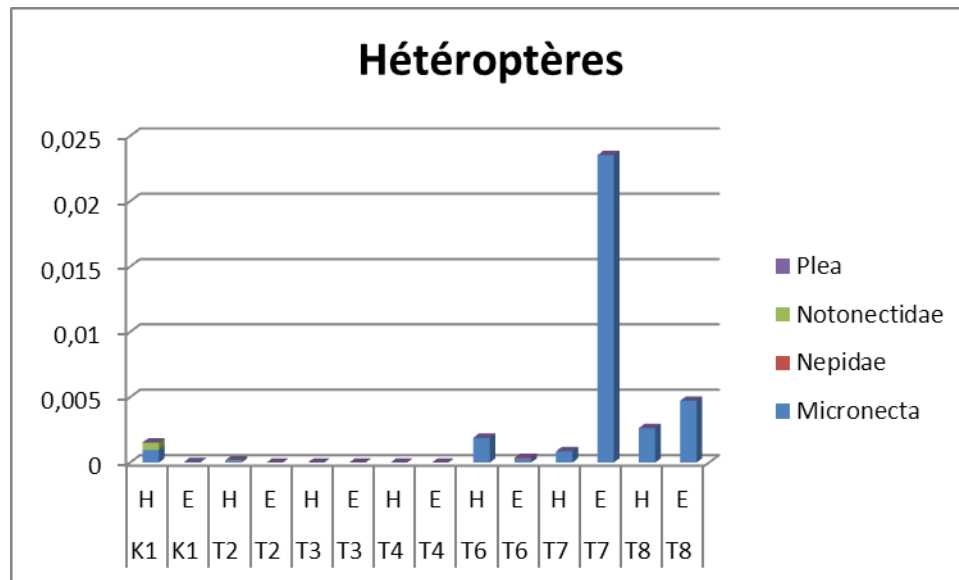


Fig 24: Abondance des différents taxons des Hétéroptères.

1-9 Crustacés :

Ils représentent environ 13% de la faune récoltée, soit 3592 individus.

Les Cyclopoidae sont les plus abondants, avec une abondance de 0.085 et une fréquence de 0.34, ils sont plus abondants dans la station T8, et représentés par le genre *Cylops*.

Les Ostracodes, représentés par 3 genres, le genre *Erpétocypris* qui est le plus abondant (1.7%), et le plus fréquent (18%), *Illyocypris*, et *Hétérocypris incongruens* qui sont peu abondants et peu fréquents.

Les Amphypodes, représenté par la famille Gammaridae, ils présentent une abondance de 1.2% et une fréquence de 22%, ils appartiennent tous au genre *Gammarus*, ils sont des broyeurs, omnivores.

Les Décapodes, sont représentés par une seule famille, Atyidae et une seule espèce, *Atyaephyra desmarestii*, ils n'ont été récoltés qu'aux stations T4, T6, et T7, ils sont plus abondants dans la station T4. Ces organismes sont des broyeurs omnivores.

Les Isopodes, représente par un seul individu appartient au genre *Asellus*.

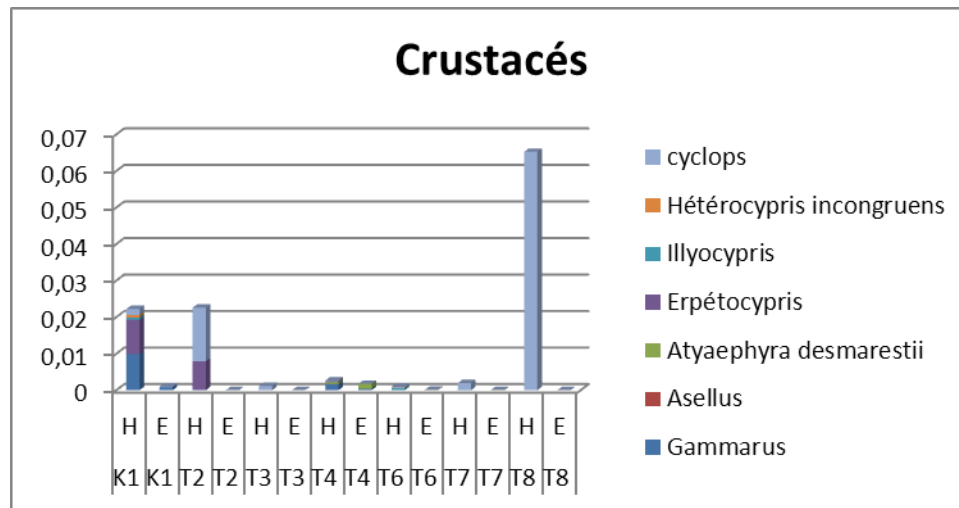


Fig 25: Abondance des différents taxons des crustacés.

2- Structure des communautés :

2-1 Diversité :

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. Dans notre étude on a calculé 2 indices de diversité: Margalef, et Shannon, et l'équitabilité.

2-1-1 indice de Margalef :

Tableau 08: Résultats de l'indice de Margalef calculé.

stations	Richesse spécifique		diversité (H)	diversité (E)
	HautesEaux(H)	Etiage(E)		
K1	60	46	7.38	5.46
T2	19	33	2.2	3.49
T3	26	29	3.48	5.42
T4	36	31	5.16	3.36
T6	33	28	4.31	4.26
T7	22	31	3.02	3.31
T8	18	26	2.44	5.79

Les résultats montrent que l'indice de Margalef varie entre 2.2 dans la station T2, et 7.38 dans la station K1 en hautes eaux. Il en ressort que les valeurs les plus élevées sont obtenues dans la station K1, ce qui démontre bien la dominance de cette station sur les autres en termes de richesse spécifique, alors que les plus faibles valeurs se rencontrent dans la station T2, ce qui reflète une très faible richesse spécifique. En plus les résultats montrent que les valeurs de cet indice calculées en hautes eaux sont plus élevées, pour les stations K1, T4 et T6, traduisant une richesse spécifique plus élevée durant cette période, tandis que pour les stations T2, T3, T7, et T8 les valeurs de cet indice sont plus élevées en étiage.

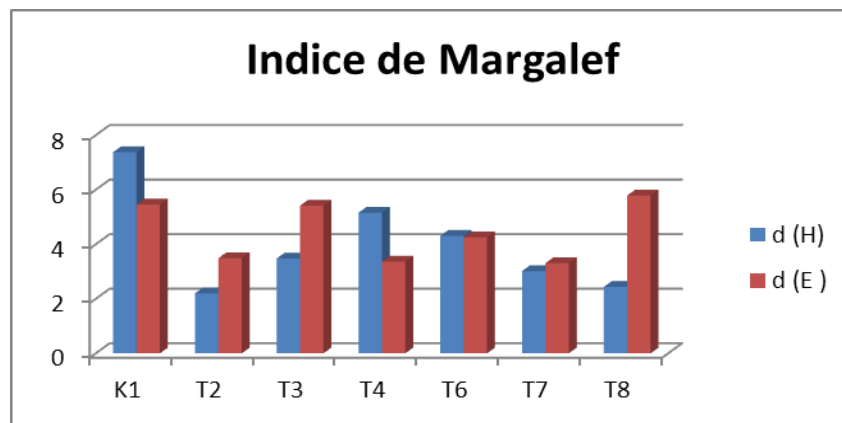


Fig 26: Variation de l'indice de Margalef dans les stations au cours des deux périodes de prélèvements.

2-1-2indice de Shannon :

Tableau 09: Résultats de l'indice de Shannon calculé.

Statio n	Richesse spécifique		H' (H)	H' (E)
	Hautes Eaux (H)	Etiages (E)		
K1	60	46	3.10	2.03
T2	19	33	1.06	2.29
T3	26	29	1.68	2.32
T4	36	31	2.85	2.37
T6	33	28	1.97	2.39
T7	22	31	1.77	1.06
T8	18	26	2.04	2.79

Les valeurs calculées de cet indice, varient entre 1.06 et 3.10, la plus grande valeur a été marquée dans la station K1 pendant les hautes eaux, Ce qui montre que les groupements décrits au sein de cette station sont plus diversifiés en espèces, tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée dans les stations T2 pendant les hautes eaux et T7 pendant les étiages compte tenu de ses groupements à faible richesse spécifique. D'après les résultats, les stations K1, T4 et T7 montrent des valeurs aux hautes eaux plus élevées, tandis que pour les stations T2, T3, T6 et T8, les valeurs enregistrés aux étiages sont plus élevées, résultats en accord avec ceux de Margalef.

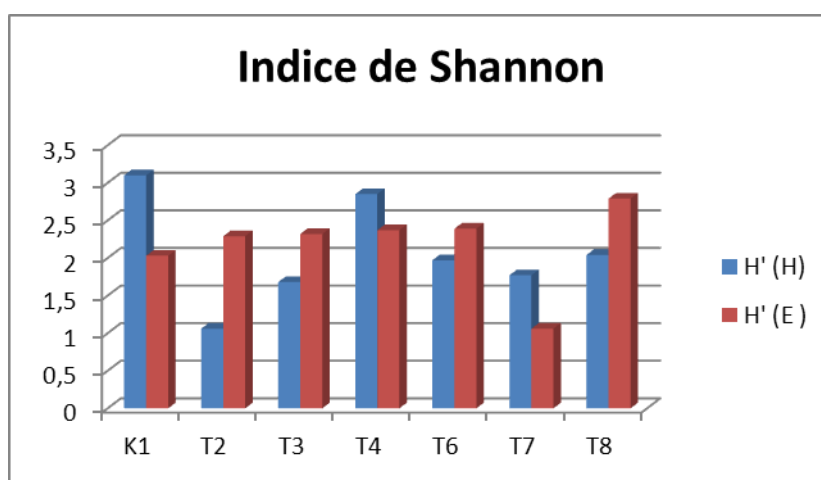


Fig 27: Variation de l'indice de Shannon dans les stations au cours des deux périodes de prélèvements.

2-1-3 Indice d'équitabilité :

Tableau 10: Résultats de l'indice d'équitabilité calculé.

Station	Richesse spécifique		E (H)	E (E)
	Hautes Eaux (H)	Etiages (E)		
K1	60	46	0.75	0.53
T2	19	33	0.29	0.77
T3	26	29	0.49	0.71
T4	36	31	0.79	0.69
T6	33	28	0.59	0.68
T7	22	31	0.51	0.34
T8	18	26	0.62	0.96

Cet indice varie entre 0.29 et 0.96, on peut dire qu'on a des résultats semblables à ceux de l'indice de Shannon. Pour les stations K1, T4 et T7 les valeurs de l'indice sont plus élevées en hiver, traduisant une diversité plus élevée en hautes eaux, tandis que dans les stations T2, T3, T6 et T8 les valeurs enregistrées aux étiages sont plus élevées, traduisant une diversité plus élevée en été.

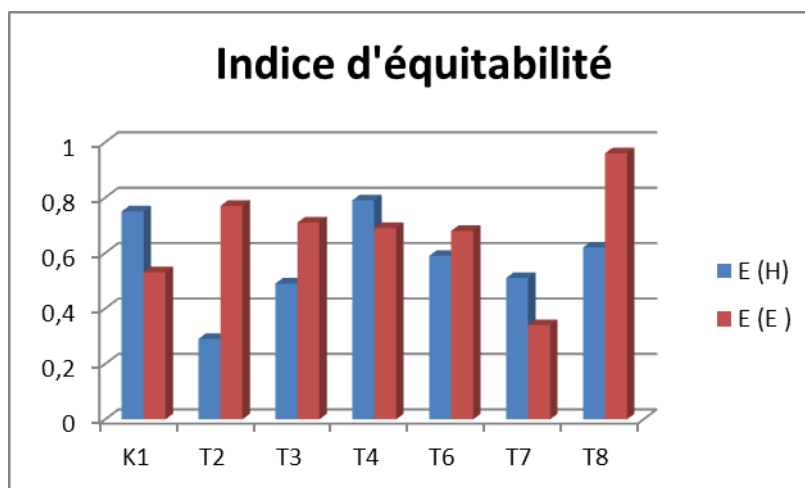


Fig 28: Variation de l'indice d'équitabilité dans les stations au cours des deux périodes de prélèvements.

2-1-4 Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) :

Les calculs de l'indice pour chaque station, se fait pour les deux périodes (hautes eaux et étiage). Les résultats sont présentés dans le tableau.

Tableau 11: Résultats d'IBGN de différentes stations d'études.

Stations	Classe de variété (H)	Groupe faunistique Indicateur (H)	IBGN (H)	Classe de variété (E)	Groupe faunistique Indicateur (E)	IBGN (E)
K1	11	7	17	8	3	10
T2	4	3	6	5	2	6
T3	6	3	8	8	5	12
T4	8	5	12	6	3	8
T6	8	5	12	5	3	7

T7	6	5	10	6	2	7
T8	5	3	7	10	5	14

L'analyse des résultats représentés dans le tableau, montre que l'IBGN varie entre 6 et 17, les résultats permettent de mettre en évidence une variabilité spatio-temporelle des valeurs.

La station K1, montre une eau de très bonne qualité avec une note de 17 pendant la période des hautes eaux, cette dernière diminue presque de moitié pendant les étiages, montrant ainsi une eau d'une qualité médiocre.

Pour la station T2, les résultats montrent une stabilité de l'indice autour de la note 6 quelque soit la période de prélèvement, ce qui correspond à une qualité d'eau mauvaise.

La station T3 montre une variation de l'indice au cours de l'année, la qualité de l'eau varie de la mauvaise (note de 8) pendant les hautes eaux, à une qualité médiocre (12) pendant les étiages.

Les stations T4, T6 et T7 montrent une variation de la qualité de l'eau, du passable (avec des valeurs entre 12, 12 et 10 respectivement), pendant les hautes eaux, à une qualité mauvaise (avec des valeurs 8, 7 et 7 respectivement) pendant les étiages.

Enfin, la station T8, aval de la Tafna montre une variation de la qualité de l'eau variant de mauvaise (IBGN=7) en hautes eaux, à une bonne qualité (IBGN=14) en étiage.

2-2 Structure trophique des communautés :

L'utilisation des macroinvertébrés repose essentiellement sur l'évaluation de données concernant leur façon de se nourrir, de se reproduire et d'exploiter leur habitat (**Camargo et al, 2004**).

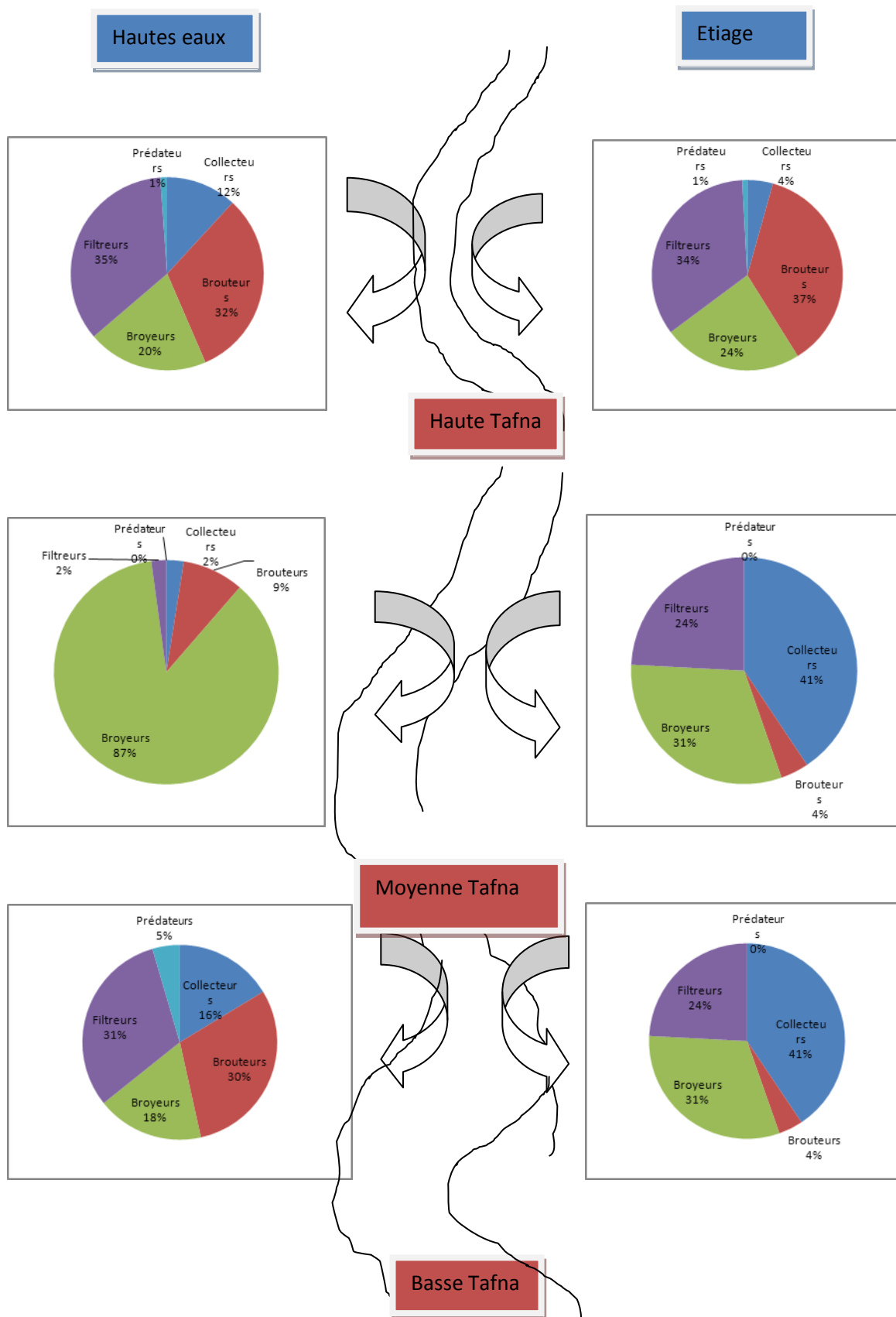


Fig 29: structure trophique des communautés d'invertébrés de la zone d'étude.

L'étude du peuplement et les faciès à travers leur organisation trophique permet en particulier d'aborder les relations entre la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques. Cette démarche consiste à regrouper les espèces en unités fonctionnelles en se basant sur leur régime alimentaire (Blanchet, 2004).

En amont, en raison de la nature du substrat, qui est constitué essentiellement des roches, de blocs, et de galets, la végétation aquatique est absente, on signale la dominance des organismes racleurs de substrat (brouleurs) et filtreurs (Simuliidae, Psychodidae, Bethyniidae, Physidae, Oligochètes...), il représentent 36% et 34% respectivement, en plus, la densité du couvert végétal riverain augmente l'apport des débris végétaux (branches et feuilles mortes) ce qui explique l'abondance des broyeurs (23%) (Baetidae, Caenidae, Gammaridae, Décapodes...). Aux étiages, le niveau d'eau s'abaisse et les micro-habitats diminuent, en plus des organismes qui ont existé en hiver, on remarque l'augmentation de l'abondance des espèces mangeurs de substrat à 11% et les filtreurs à 35% (les oligochètes, Simuliidae et les hydropsychidae) et les espèces à régime mixte (Chironomidae), qui s'adapte avec les conditions sévères des étiages.

Pour la moyenne Tafna, les broyeurs (Baetidae, Caenidae) marquent leur forte dominance en hiver, avec une abondance de 85%, et en été, leur abondance diminue à 31%, les mangeurs de substrat et les filtreurs marquent une augmentation de leurs abondances (40% et 24 % respectivement).

Pour la basse Tafna, dominée par un substrat fin (argile et limon), ce qui a permis de développer la végétation aquatique (macrophytes), les organismes qui dominent dans ces stations sont les broyeurs (Baetidae, Caenidae) avec une abondance de 31% et les prédateurs (les Odonates, les Gyrinidae, les Dytiscidae...) avec une abondance de 36%. Aux étiages, plusieurs d'autres espèces ont pu être installées, qui sont les filtreurs (Hydropsychidae) avec une abondance de 31%, les brouleurs (Elmidae, Heptageniidae) avec une abondance de 30% et les mangeurs de substrat (Oligochètes) avec une abondance de 16%.

3- Variation spatio-temporelle de la faune (AFC) :

A l'aide de cette analyse factorielle, on a obtenu une structure temporelle et d'autre spatiale du peuplement.

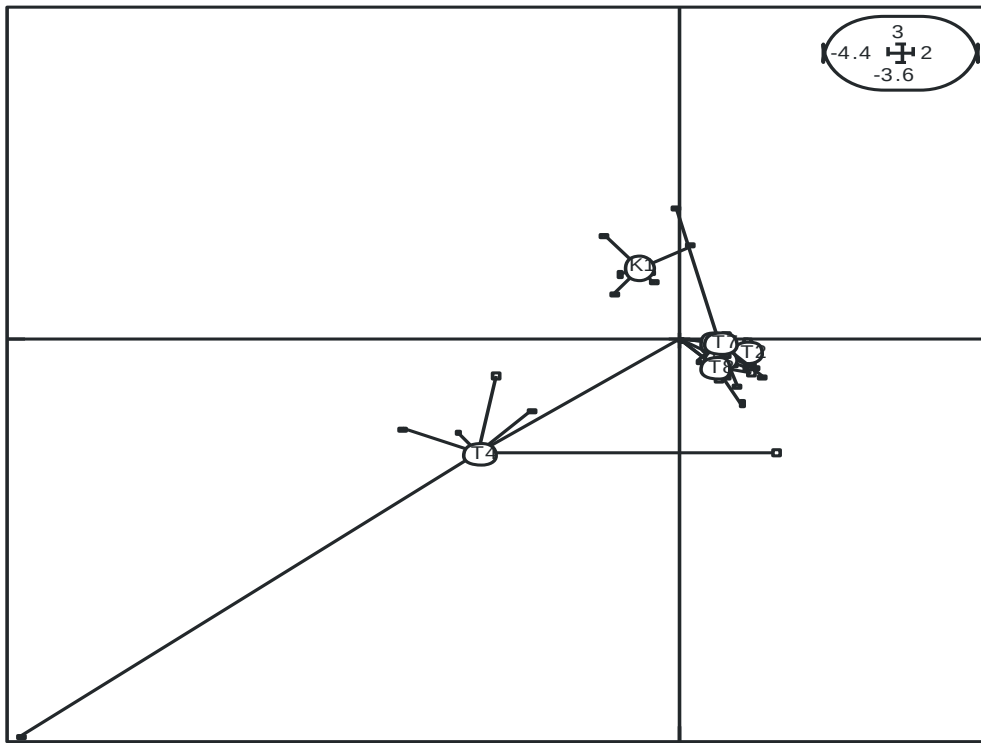
3-1 variations spatiales de la faune :

La figure 30 montre la répartition de la faune en fonction des stations. 45% de l'inertie inter-classes s'exprime sur l'axe F1 et 27% sur l'axe F2, soit 72% d'informations sur les deux axes principaux. La figure 30A montre l'effet spatial sur la répartition des taxons. Pour l'axe 1, on distingue que les stations T2, T3, T6, T7 et T8 présentent une forte corrélation avec cet axe, ce qui veut dire qu'elles présentent des caractères communs, ces stations reçoivent les rejets urbains non traités des villages avoisinants, ce qui affecte leurs biodiversités, elles présentent une biodiversité faible, et sont dominés par les Oligochètes de la famille des Naididae et Tubificidae, les Baetidae de genre *Baetis*, par les Corixidae de genre *Micronecta*, les Chironomidae (Tanypodinae, Orthocladinae et Tanytarsinae) et les mollusques de famille des Physidae (fig 30B).

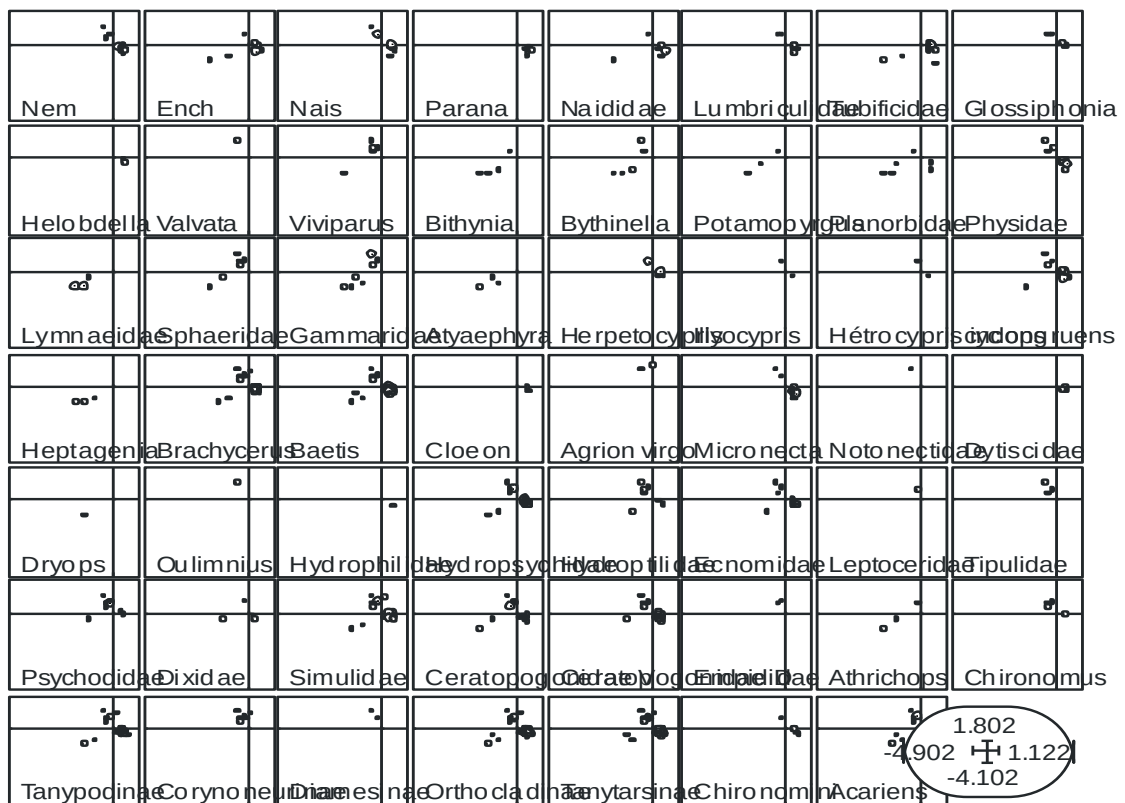
La station K1, s'oppose aux autres stations, et présente une très grande biodiversité, liée à la diversification des micro-habitats, et à la bonne qualité de son eau (Fig 16A). Cette station présente en plus des espèces déjà citées, des espèces exclusives telles que l'Odonate (*Calopteryx virgo*) les Trichoptères (Glossosomatidae, *Psychomyia*, Polycentropodidae, Philopotamidae, *Athripsode*, Phryganeidae), et les diptères (Psychodidae Tipulidae, Limoniidae Stratiomyidae, Anthomyidae, Empididae, Culicidae, Diamesinae) ainsi que certains Oligochètes (Amphichaeta, Protopopidae).

Les oligochètes de la famille des Enchytraeidae Gastéropodes (*Viviparus, valvata*), les éphéméroptères *Caenis* et *Beatis*, les diptères simulidae et Cérapotogonidae, orthocladinae, tanytarsinae ainsi que les trichoptères Hydropsychidae et acariens sont présents partout.

Les Bivalves (Spheiridae), les planorbidea le trichoptère Hydroptilidea, les ecnomidea, ainsi que les Diptères (Tanipodinea et Chironomus), se localisent également sur la totalité des stations mais leurs effectifs restent faibles par rapport à la station K1. d'autres taxons peuvent être localisés majoritairement au niveau des stations T4 et K1 comme par exemple les sphearidea, les Gammaridae, et les gastéropodes Bithynia, et Bythinella. Le Décapodes (*Atyaephyra desmarestii*) ainsi que l'Heptageneidea Ecdyonnurus sont exclusifs à la station T4 alimentée essentiellement par des résurgences.



(A)



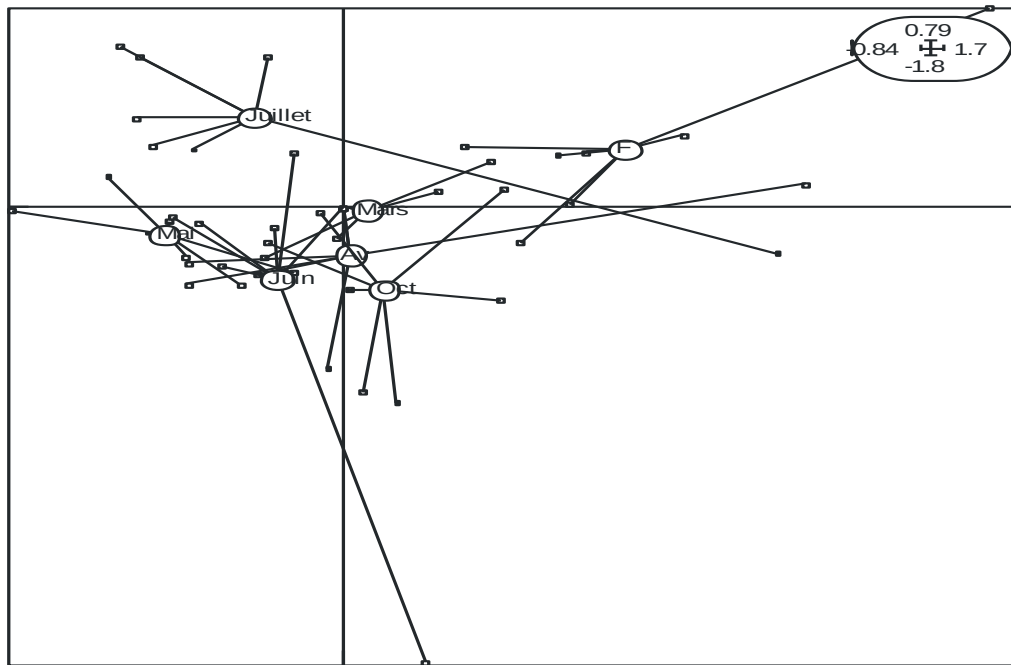
(B)

Fig 30: variation spatiale des taxons avec un effectif > 10.

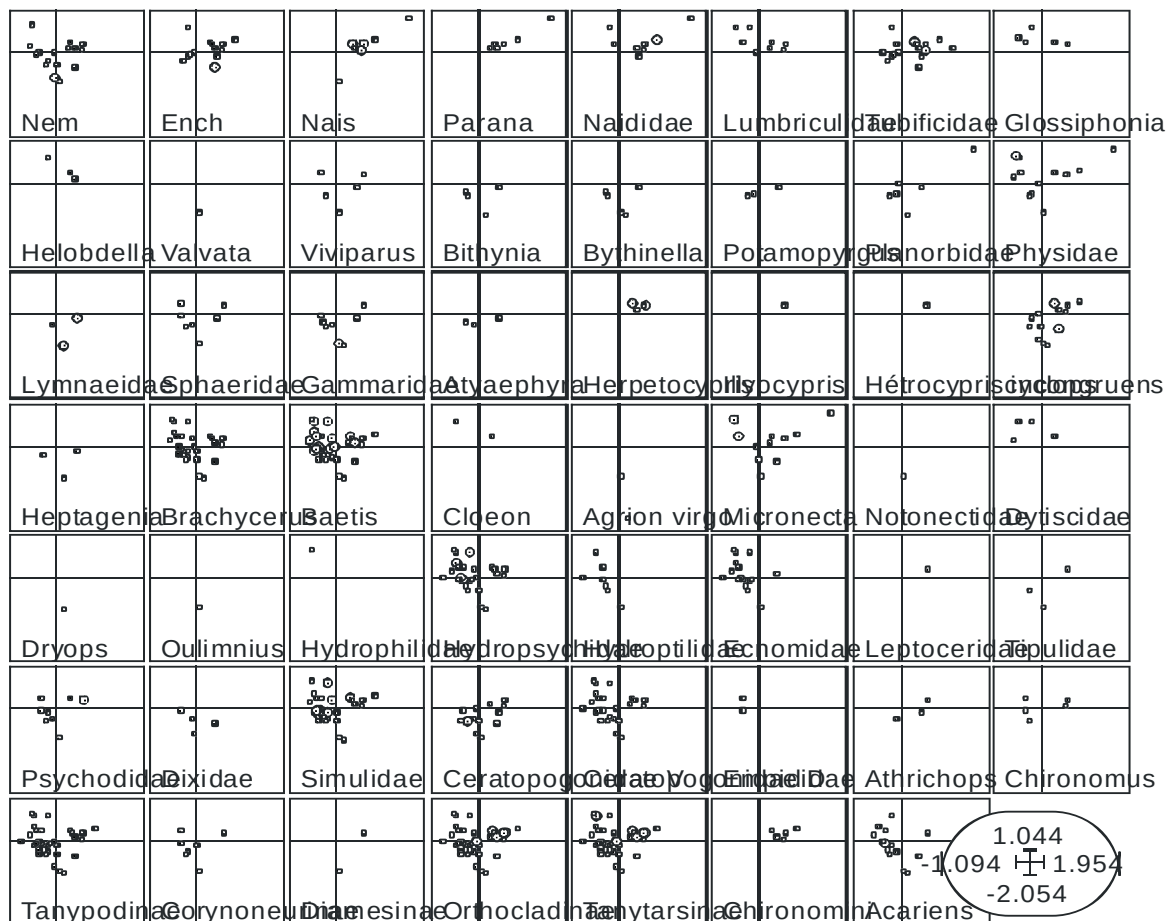
3-2 variations temporelles de la faune :

L'effet temporel sur les taxons est représenté par la figure 31. La figure 31A montre la répartition des stations en fonction des saisons. L'axe1 oppose en effet, les mois correspondants aux hautes eaux, et ceux d'étiages. L'effet temporel a été détaillé pour chaque groupe, les résultats sont présentés sur la figure 31B.

Certains taxons comme les Tubificidae, *Caenis*, *Beatis*, Hydropsychidae, Simuliidae, les Ecnomidae sont abondants toute l'année, les Empididae, les Oligochètes Enchytraeidae ; les Nais, les Paranaïs, ainsi que les Ostracodes, les Chironomidae et les Hydracariens sont plus abondants en période des hautes eaux, et les Hydroptilidae, les Ecnomidea et les Dixidae sont abondants uniquement en été.



(A)



(B)

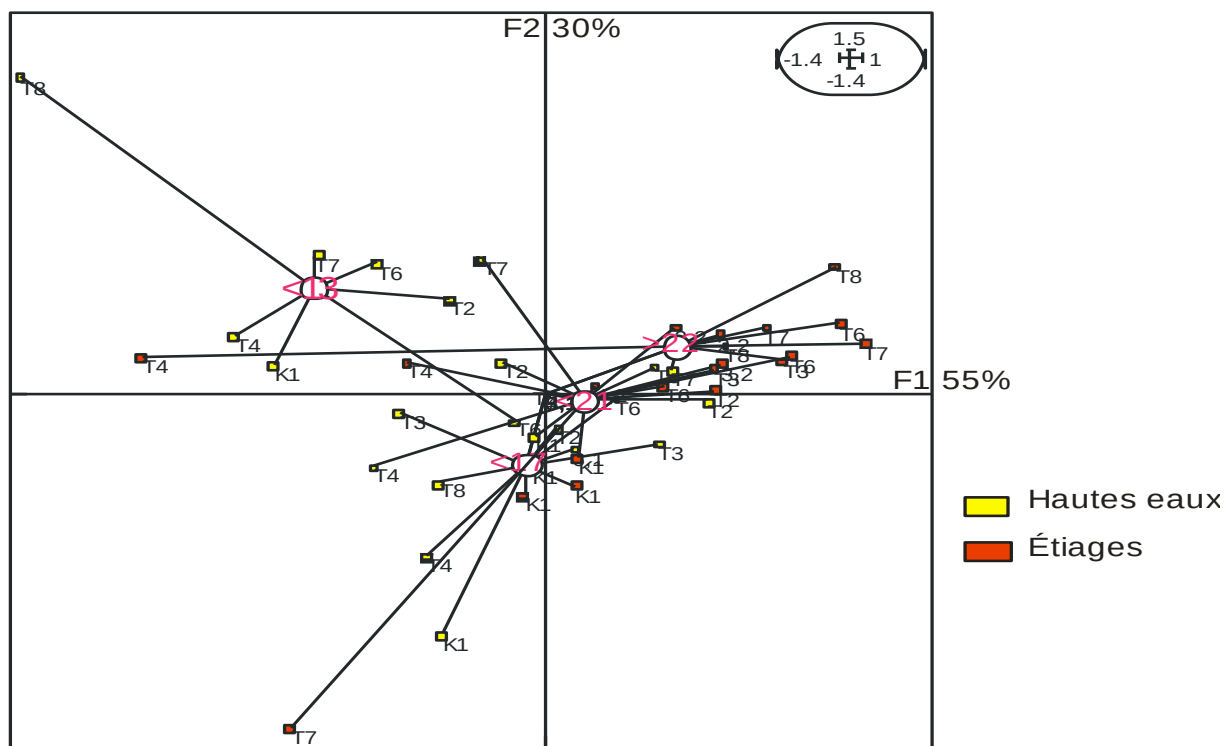
Fig 31: répartition temporelle des taxons avec un effectif > 10.

III- Influence de quelques paramètres physico-chimique sur la répartition de la faune :

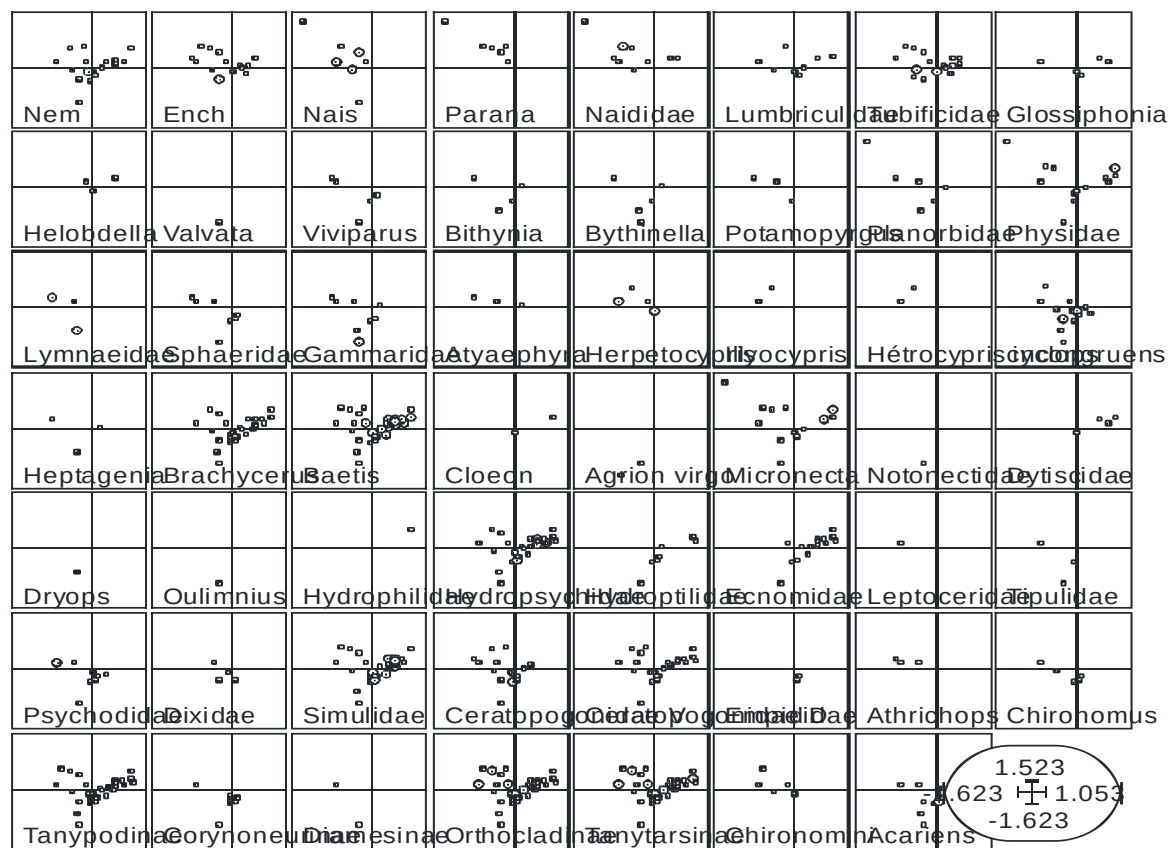
a-Température :

La figure 32 correspond à la répartition de la faune (stations et saisons confondues) en fonction de la température. L'axe F1 représente 55% d'explications et sur l'axe F2 : 30%. L'axe F1 représente le gradient de température, les stations les plus froides s'opposent aux stations les plus chaudes sur la partie positive de l'axe1. L'axe F2 oppose les stations présentant une forte amplitude thermique stations T2, T7 et T8 (de <13 à >22) à celles où la température varie moins (stations K1 et dans une moindre mesure la station T3). Le premier axe (F1) traduit aussi l'effet saison puisque les campagnes d'hiver s'opposent à celle de l'été (**Fig 32A**).

Les groupes zoologiques qui sont attirés par les températures froides sont : les Naididae, les Lymnaeidae, les Psychodidae, les Orthocladinae, et les Tanytarsinae. Les Physidae, les *Micronecta*, *Baetis* et les Simulidae supportent les températures chaudes. Les groupes taxonomiques intermédiaires, qui préfèrent les températures moyennes, sont les groupes qui attirent le maximum de taxons : les Lymnaeidae, les Gammaridae, Ceratopogonidae, les *Cyclops*, les *Caenis*, Ecnomidae, Tanytarsinae, Tanypodinae Orthocladinae et les Simulidae (**Fig 32B**).



A



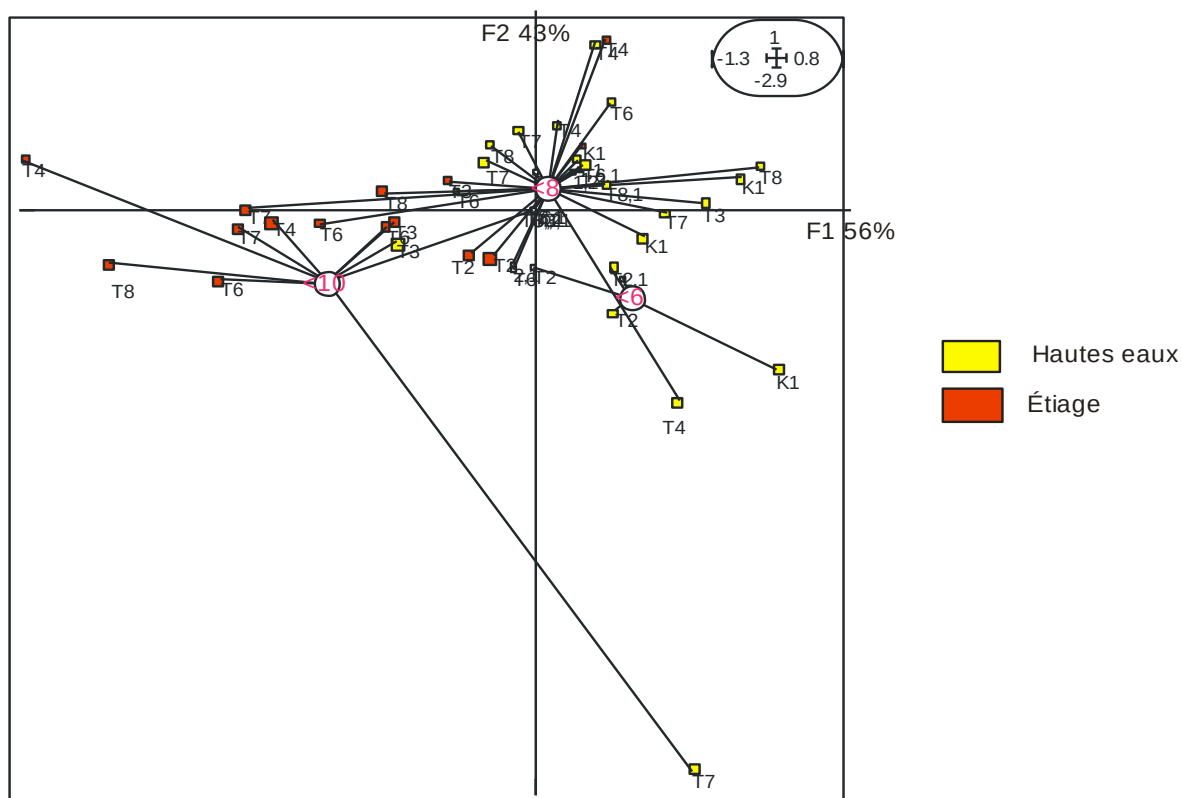
B

Fig 32: Distribution de la faune selon les classes de la température.

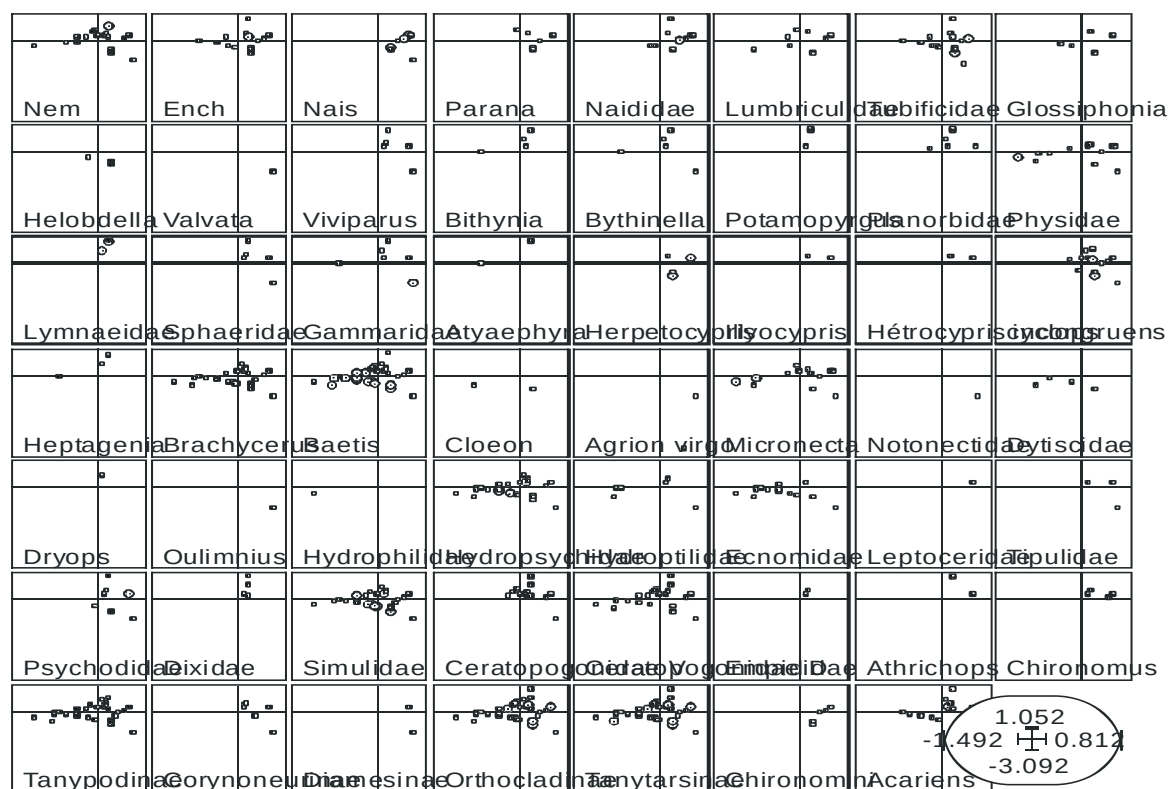
b-Oxygène dissous :

Selon la figure 33 montre la répartition de la faune par rapport à l'oxygène dissous. C'est l'axe F1 qui présente le plus d'informations (57%). L'oxygène dissous présente un gradient amont aval croissant sur l'axe 1, les stations avalées sont plus oxygénées que les stations amont, en raison de la présence des végétaux qui assurent la photosynthèse (Fig 35A).

Les concentrations les plus faibles d'O₂ < 6mg/l attirent, les taxons les moins exigeants en Oxygène, comme les Tubificidae, les **Cyclops**, Orthocladinae, Herpétocypris. Par contre les concentrations entre 8 et 10mg/l attirent les taxons les plus exigeants en oxygène, comme : **Micronecta**, et les Physidae. Le groupe 2 est un groupe intermédiaire, il attire beaucoup d'espèces on note par exemple : les Nématodes, Enchytraeidae, **Nais**, Lymnaeidae, **Caenis**, **Cyclops**, Simuliidae, Tanypodinae, Orthocladinae..., il existe des espèces qui ne sont pas liées à la concentration de l'Oxygène qui sont : **Baetis** et Tanytarsinae (Fig 33B).



A



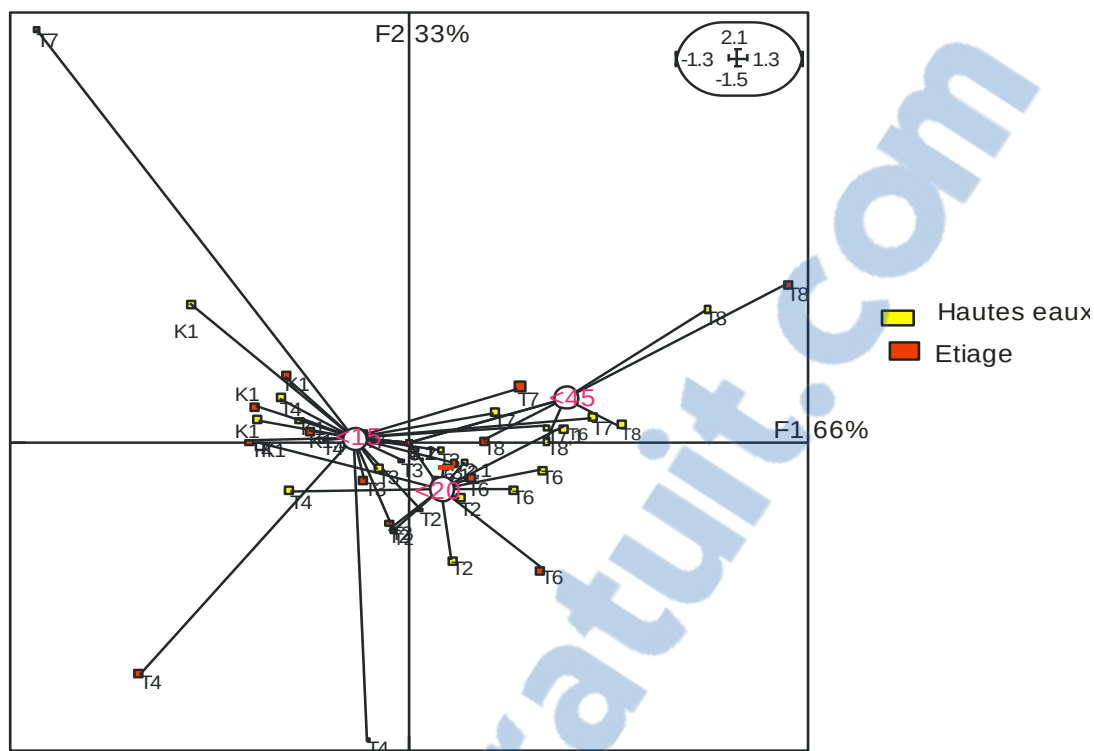
B

Fig 33: Distribution de la faune selon les classes de l'Oxygène dissous.

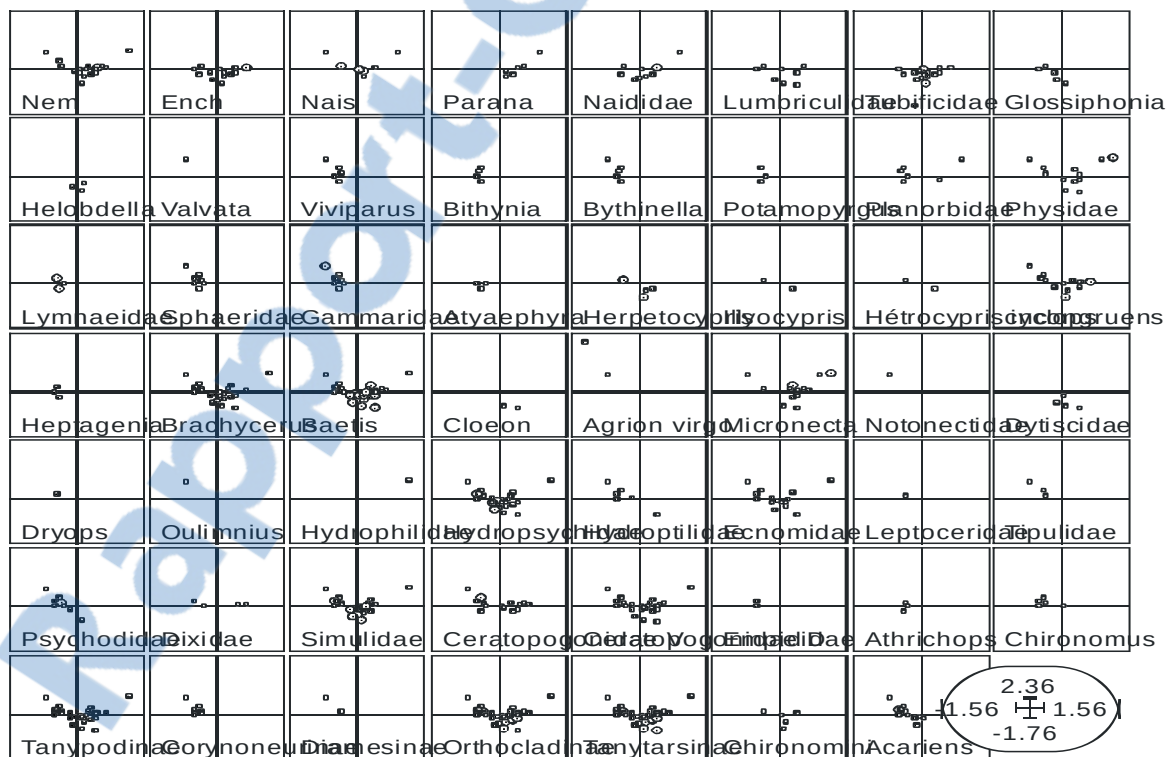
d-DBO₅ :

Selon l'axe 1 nous observons une opposition entre les stations amont moins chargées en matière organique les stations avalées trop chargées. La DBO représente un gradient croissant de pollution sur l'axe F1 (**Fig 34A**).

La classe de DBO<20, attire le maximum de taxons : **Cyclops**, Hydropsycidae, Simuliidae, Orthocladinae, et Tanytarsinae. Les valeurs < 15, attirent les taxons qui sont plus sensibles à la pollution organique (les Lymneidae, Psychodidae, Ceratopogonidae,). Et enfin la classe de DBO5 entre 20 et 45 mg/l attire les taxons les plus tolérants à la pollution organique (**Baetis**, Naididae, Enchytraeidae, **Micronecta**...)



A



B

Fig 34: Distribution de la faune selon les classes de DBO₅.

IV- comparaison faunistique entre deux périodes (1980 et 2010) :

Pour faire une comparaison entre la faune des deux périodes, on compare en parallèle les paramètres physiques du milieu (température maximale, minimale et la conductivité maximale), la comparaison se fait entre nos résultats et celle de **Gagneur et Thomas (1988)**, les résultats sont représentés dans la figure 35. La température a significativement augmenté, pendant notre période d'étude, par rapport à la période des années 80 ($P=0,05$), où on a enregistré une variation de la température minimale, entre $9,9^{\circ}\text{C}$ et $12,6^{\circ}\text{C}$ pour l'ancienne période, et une variation entre $9,6^{\circ}\text{C}$ et $13,8^{\circ}\text{C}$ pour la nouvelle période. Et pour la température maximale, on a enregistré une variation entre 17°C et $24,2^{\circ}\text{C}$ pour l'ancienne période et une variation entre $27,3^{\circ}\text{C}$ et 32°C pour la nouvelle période. On pense que cette augmentation de température, s'intègre dans le contexte du changement climatique, qu'a connu notre région.

En ce qui concerne, la conductivité maximale, on révèle une augmentation des valeurs enregistrées dans notre période d'étude, dans toutes les stations, et qui varie entre $689\mu\text{S}/\text{cm}^2$ et $5080\mu\text{S}/\text{cm}^2$, par rapport à l'ancienne période où on a enregistré des valeurs entre $625\mu\text{S}/\text{cm}^2$ et $3350\mu\text{S}/\text{cm}^2$, ceci peut être due à l'augmentation de l'urbanisme (les activités humaines) et à l'augmentation de l'évaporation issue de l'augmentation de la température.

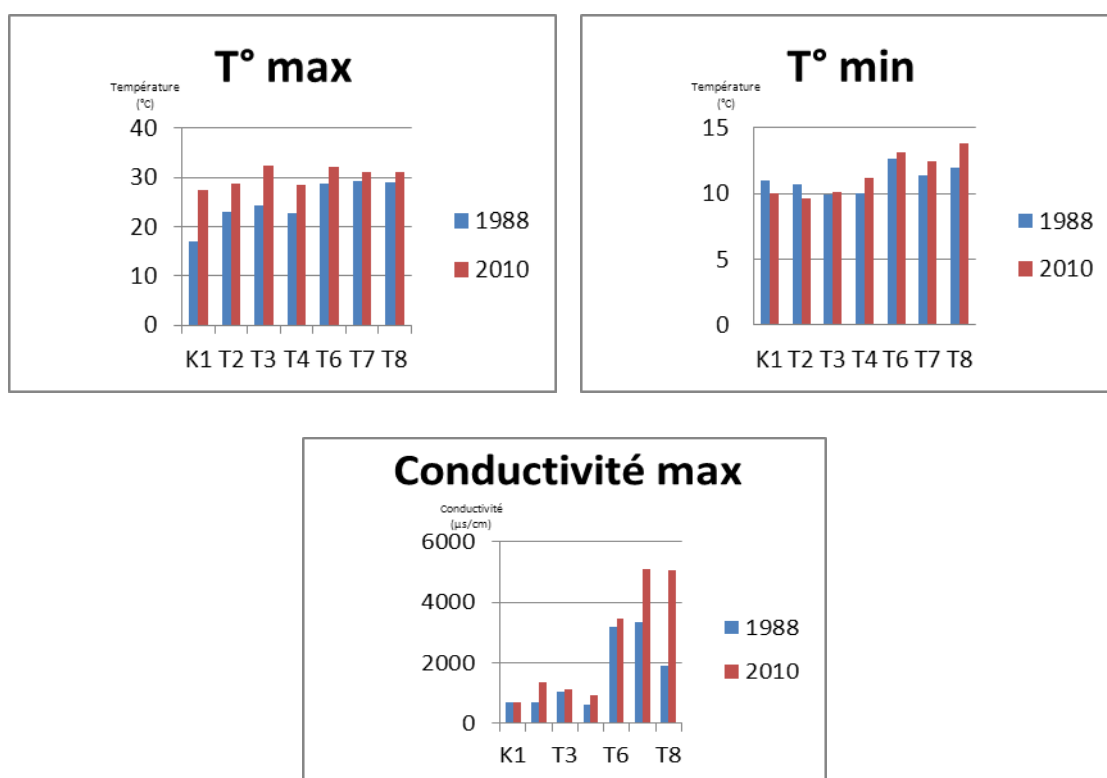


Fig 35: Comparaison entre les paramètres des deux périodes (1988 et 2010).

La première des choses qu'on remarque en examinant notre matériel faunistique, c'est l'absence totale des Plécoptères, 4 espèces ont été recensées avant, dans notre zone d'étude (**Gagneur et Aliane, 1991**), la répartition des Plécoptères (sténothermes des eaux froides) est en fonction de la température (**Aubert, 1959 ; Giani, 1983**). Leur absence dans notre matériel est liée essentiellement à l'élévation de la température qui a excédée 25°C (**Gagneur et Aliane, 1991**) et à l'augmentation de la teneur de matière organique dans l'eau.

Dans une étude faite par **Gagneur et Thomas** en 1988 sur les Ephéméroptères, 12 genres appartenant à 8 familles ont été récoltés dans l'oued Tafna, tandis que dans notre étude seulement 5 genres appartenant à 4 familles existent, , on révèle également la disparition de 4 familles (Oligoneuridae, Pothamantidae, Ephemeridae, et Ephémérllidae), et **Choroterpes** (F.Leptophlebidae) (**Gagneur, 1988**).

Cependant, l'étude montre l'apparition d'un nouveau genre **Paraleptophlebidae**, qui a été récolté à oued Chouly, une diminution très significative de la fréquence et de l'abondance du genre **Echdyonurus** dans toutes les stations par rapport aux années 80, et une pullulation des **Caenis**, par rapport aux années



DISCUSSION

Discussion :

Notre région d'étude, est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par des pluies concentrées sur la saison fraîche à jours courts avec de longues périodes estivales sèches (**Emberger, 1955**), nos résultats bioclimatiques ont révélé que notre zone d'étude a vécu des variations marquées par une augmentation significative de l'amplitude thermique de 1°C à 4°C, une diminution des précipitations moyennes mensuelles de plus de 10mm, une prolongation de la saison sèche jusqu'à 8 mois. Ces variations se déroulent dans le contexte d'un éventuel changement climatique vécu ces dernières décennies. L'Afrique du Nord diffère de la partie méditerranéenne de L'Europe, avec un climat méditerranéen accentué, les valeurs extrêmes de température durant l'été, et des inondations en hiver et au printemps, suivies par de longues périodes sèches, entraînent une diminution d'espèces d'invertébrés benthiques par rapport à la région continentale méditerranéenne Européenne (**Giudicelli et al. 1985, Lounaci 1987, Lounaci et Daoudi 1996**).

Au cours de notre travail, effectué en milieu benthique, on a pu récolter 98 taxons de macroinvertébrés. Du point de vue de la composition taxonomique, les organismes récoltés sont des Insectes (plus que 70 % de la faune totale), environ 12% des Crustacés et 7% d'Oligochètes. Parmi les Insectes, l'ordre des Diptères est assez bien diversifié avec 24 taxons, suivi des Coléoptères avec 11 taxons, les Trichoptères avec 9 taxons, les Odonates avec 6 taxons les Ephéméroptères avec 5 taxons, les Hétéroptères avec 4 taxons....

Les Ephéméroptères constitue le premier rang des insectes aquatiques, ils occupent souvent les principaux biotopes des torrents, des ruisseaux, et des rivières (**Thomas, 1981**). Les larves présentent de très nombreuses adaptations morphologiques notamment pour s'adapter aux courants rapides (**Gattolliat, 2000; 2001b**). C'est le deuxième groupe zoologique abondant (20% de la faune totale), mais qui est peu diversifié (5 genres appartenant à 4 familles seulement, ont été identifiés pour ce groupe). La famille des Baetidae, représentée par deux genres, le genre **Baetis** qui présente une très grande abondance (17%), et une forte fréquence (67%), a été récolté dans les zones d'altitude comme dans les zones de plaine, aussi bien dans les zones à courant rapide qu'à courant lent, **Sowa (1975)** a signalé son caractère eurytope. Le genre **Proclon**, qui est un élément rare et peu abondant, affectionnent les secteurs moyens et avals des cours d'eau (**Lounaci et Daoudi, 1996 ; Mebarki, 2001**). Le genre **Caenis**, appartenant à la famille des Caenidae qui sont des thermophiles à spectre écologique assez large (**Dakki et Algbani, 1983**), est le deuxième genre abondant de cet ordre, c'est le genre le plus eurytherme (**Gagneur et Thomas, 1988**),

d'après **Verneaux (1973)**, ce genre présente une certaine résistance à la pollution, ce qui explique son abondance et sa fréquence élevée, **Gagneur et Thomas (1988)** signalent que les Caenidae sont résistants à la forte minéralisation. La famille des Leptophlebiidae représentée par le genre ***Paraleptophlebia***, ne présente qu'une très faible abondance et une faible fréquence, il n'a été récolté que dans les stations K1 et T3. Ce genre est l'exemple typique de remontée des espèces vers l'amont, fuyant les élévations excessive de la température (**Lounaci, 1987; Ait Mouloud, 1988 ; Lounaci et Daoudi, 1996 ; Mebarki, 2001 et Lounaci, 2005**), d'après **Dakki et Algbani, (1983)** et **Bouzidi et Guidicelli (1994)**, il est également typique des ruisseaux de sources et de cours d'eau de moyen Atlas, du haut Atlas, du Rif et du plateau centrale. Notre matériel récolté montre que plusieurs familles ont disparu de notre zone d'étude comme les (Oligoneuridae, Pothamantidae, Ephéméridae, Polymitarcidae, Prosopistomatidae et Ephéméridae).

Les Diptères possèdent une large distribution altitudinale et une grande capacité de coloniser les biotopes pollués et non pollués (**Moubaled, 1986**), ils forment le groupe le plus abondant (plus que 42% de la faune totale) et le plus diversifié (24 taxons), ce sont des animaux connus par leur tolérance à la pollution, habituellement plus abondants dans des cours d'eau de mauvaise qualité, et préfèrent généralement des températures élevées. Le peuplement de Simuliidae semble important dans les stations d'amont, leur importance peut être attribuée aux formes torrenticoles et à la remontée des espèces à la recherche des conditions plus favorable (**Haouchine, 2011**). Les Chironomidae sont des espèces à large répartition, ils peuvent se développer aussi bien dans les biotopes pollués que non pollués, en haute altitude qu'en basse altitude, sauf pour les Diamesinae et Corynoneurinae, qui selon le même auteur, affectionnent préférentiellement les eaux de montagnes.

D'une façon générale il apparait que la station K1, héberge le plus d'espèces, grâce aux températures fraîches durant toute l'année, certaines espèces présentent une grande abondance (Psychodidae, Tipulidae, Limoniidae, Empididae, Anthomyidae, Stratiomyidae...).

Les Trichoptères sont aussi considérés comme des animaux sensibles à la pollution, habituellement, ils préfèrent des eaux fraîches et rapides, ce qui est confirmé par nos résultats, certains taxons n'ont été récoltés qu'à la station K1 (Glossosomatidae, Psychomyia, Polycentropodidae, Philopotamidae, Athripsode et Phryganeidae). Les Hydropsychidae sont les plus abondants et les plus fréquents, **Lounaci (2005)** a signalé leur abondance et leur fréquence dans les cours d'eau d'Algérie, ils sont des Eurythermes à large répartition altitudinale. Les Hydroptilidae sont moins abondants mais assez fréquents, leur importance est

fonction du développement des algues filamenteuses dont se nourrissent les larves (**Decamps, 1968**). Les Ecnomidae sont moins abondants mais peu fréquents, ils sont plus abondants en période des hautes eaux, il semble qu'ils préfèrent les eaux à température plus fraîches.

Les Oligochètes représentés par 7 familles, sont considérés comme des organismes tolérants la pollution, ils sont plus abondants en hautes eaux, et présentent une très faible abondance aux étiages, qui est peut être due à l'assèchement du cours d'eau (donc rétrécissement des micro-habitats). La famille des Naididae forment le groupe le plus abondant, ce qui est le cas des résultats obtenus en Tunisie (**Boumaiza et al, 1986**), ce sont des espèces cosmopolites qui prolifèrent même dans les stations les plus polluées (**Belaidi et al, 2004**), ils préfèrent des températures élevées (**Lounaci, 1987**). Selon **Giani (1984) et Lafont (1987)**, les Tubificidae sont considérés comme des espèces à large répartition géographique, en effet, dans notre étude, ils sont présents dans toutes les stations excepté à la station K1, où les températures sont relativement plus faibles et une DBO₅ faible... Les Enchytraeidae marquent une large répartition de l'amont vers l'aval.

Les Coléoptères qui forment un groupe diversifié d'un point de vue taxonomique est peu abondant. Les coléoptères existent dans notre matériel sous deux formes larvaire et adulte. 6 familles ont été récoltées dans cette étude, dont la famille des Elmidae est la plus diversifiée, par 4 genres, ils sont des organismes eurythermes, colonisant les eaux peu courantes (**Berthelemy, 1966**), ils sont peu abondants, d'après **Boumaiza (1994)** ils prolifèrent en plaine, à altitudes moyennes ou peu élevées, mais dans notre étude, ils sont plus abondants dans les stations amont, reflétant probablement une remontée en altitude cherchant vraisemblablement des conditions climatiques plus favorables.

En considérant la distribution spatiale des espèces, les macroinvertébrés benthiques sont très affectés par leur environnement biotique et abiotique (**Zouggaghe & Moali, 2007**). Leur répartition est liée en grande partie à des facteurs environnementaux (**Richards et al, 1993, Tate & Heiny, 1995, Benbow et al, 2003**).

L'étude des paramètres physico-chimiques permettent de montrer une perturbation de la Tafna de l'amont vers l'aval, et d'évaluer un degré de la pollution, traduite par une conductivité élevée qui peut dépasser dans certaines stations 5000µS/cm, une teneur élevée de chlorure, qui est le facteur le plus prépondérant pour la salinité (**Belaidi, 1992**), et qui peut atteindre 400mg/l, et une DBO₅ qui atteint 38mg/l, notamment dans les stations aval. Ceci est confirmé par les résultats de l'analyse de l'ACP, qui montrent que nos stations d'étude présentent une dégradation de la qualité de l'eau croissante de l'amont vers l'aval, l'ANOVA montre qu'il y a une différence significative entre les stations ($P < 0,05$) : les stations aval

caractérisées par une très forte minéralisation et une charge en matière organique importante, issu des rejets urbains et industriels de la ville de Maghnia, et aux activités agricoles, tandis que les stations amonts sont les moins minéralisées et les moins chargées en matière organique.

En été, la température augmente, ce qui contribue à l'augmentation de l'évaporation, et par conséquent à une concentration des sels notamment les Chlorures, donc la pollution est très prononcée en été.

Les températures sont plus ou moins fraîches dans la zone amont, grâce à l'altitude et au couvert végétal dense, qui offre de l'ombre pour les cours d'eau. En effet, l'écart thermique entre l'amont et l'aval de la Tafna est de 2.5°C en période de hautes eaux et de 3.5°C en étiage.

Pour l'étude faunistique, les résultats obtenus après analyse des indices de structure, de diversité et de structure trophique, montrent tout d'abord, une diminution de la richesse spécifique en période d'étiage pour les stations K1, T4, et T7, parce que le niveau d'eau baisse et les micro-habitats se rétrécissent, résultats confirmés par l'IBGN, qui montre que la qualité de l'eau en hiver est meilleure, tandis que dans les stations T2, T3, T6 et T8 la biodiversité est plus élevée en étiage, qui est peut être due à la stabilisation des habitats en été, et donc stabilisations des macroinvertébrés (**Grall et Coïc, 2005**).

L'analyse de la variation temporelle de la faune benthique met en évidence deux groupes de taxon :

- des taxons qui sont plus abondants en étiage, comme les *Baetis*, les Simuliidae, les Hydropsychidae, les Hydroptilidae, les Ecnomidae et les Ceratopogonidae,
- des taxons qui sont plus abondants en hiver, comme les Oligochètes, les Ostracodes, les Chironomidae et les Acariens.

L'analyse de la variation spatiale montre des taxons exclusifs à la station K1, comme certains Thrichoptères (Glossosomatidae, *Psychomyia*, Polycentropodidae, Philopotamidae, Athripsode, Phryganeidae), certains diptères (Stratiomyidae, Anthomyidae, Empididae, Culicidae, Diamesinae) et certains Oligochètes (Amphichaeta, Proppapidae).

Les communautés des macroinvertébrés changent à la fois spatialement et temporellement (**Hynes, 1970 ; Townsend & Hildrew, 1984**). Les effets des perturbations sur les organismes peuvent s'exprimer au niveau de l'espèce ou au niveau du peuplement dans son ensemble et permettent de développer différentes techniques permettant d'étudier l'état d'un

milieu (**Casalduero, 2001**). L'analyse de la répartition benthique en fonction des paramètres physico-chimiques, montre que notre peuplement des macroinvertébrés peut être classé en :

- espèces inféodées aux hautes altitudes, leur répartition dépend des conditions du milieu, elles sont exigeantes, et échappent aux conditions sévères du milieu. Elles préfèrent des températures fraîches comme les Naididae, les Lymneidae, les Psychodidae, les Ceratopogonidae, Gammaridae, et les Tanytarsinae ... ;
- Des espèces inféodées aux basses altitudes, qui préfèrent des températures élevées, comme les Physidae et les Micronecta par exemple.
- Des espèces à large répartition, et qui peuvent subsister quelque soit les conditions du milieu comme les **Baetis**, **Caenis**, Simuliidae, les Orthocladinae et les Tanytarsinae.

La comparaison entre notre matériel faunistique et celui des années 80, montre la disparition de certains taxons de notre zone d'étude, par exemple le genre **Oligoneurilla**, de la famille des Oligoneuridae, qui a disparu des stations T3 et T7, sa disparition peut être due à la densité du couvert végétal, d'après **Gagneur et Thomas (1988)**. En effet, lorsque le couvert végétal est clairsemé ou absent, la réduction de la diversité est entraînée par la disparition de ce genre, ainsi que pour le genre **Pothametus** qui a disparu des stations T2 et T3. Le genre **Ephoron** de la famille des Polymitarcidae, tolérant des températures plus élevées (**Gagneur et Thomas, 1988**), a disparu des stations T3, T4 et T7, donc sa disparition peut être due aux perturbations du milieu (pollution). Certains taxons comme le genre **Ecdyuonorus**, qui est selon le même auteur un taxon eurytherme, pouvant vivre dans des eaux à conductivité très élevée, ont diminué en abondance et en fréquence dans les stations d'étude par rapport à l'ancienne période. D'autres taxons comme le genre **Caenis** ont marqué une abondance plus élevée dans notre période d'étude, selon **Boumaiza et Thomas (1986)** c'est le genre le plus polluo-résistant, ce qui explique son abondance et sa fréquence. La disparition de certains taxons est liée soit à la pollution qui apparaît aux valeurs de conductivité et de DBO5 qui sont plus élevées que celle des années 80, on cite par exemple, le genre **Ephemerella** et le genre **Habrophlebia**, qui vivent dans les eaux moins minéralisées (**Gagneur et Thomas, 1988**), soit à la température comme les plécoptères, leur distribution correspond à la zone des eaux non polluées à faible minéralisation (conductivité $<1000\mu\text{S/cm}$) (**Gagneur et Aliane, 1991**), or la station K1 qui a hébergé ce taxon marque toujours une conductivité $<1000\mu\text{S/cm}$, alors, la répartition des Plécoptères (sténothermes des eaux froides) est en fonction de la température (**Aubert, 1959 ; Giani, 1983**), donc leur disparition est liée essentiellement à l'élévation de la température.

La biodiversité est accrue par l'hétérogénéité spatio-temporelle des conditions du milieu (**Ward et Stanford, 1983b**), qui procure aux communautés un large éventail de possibilité de développement (**Feminella et Resh, 1990**). La connaissance des relations entre les organismes et leur environnement, est indispensable pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes (**Begon et al.1996**). La zone amont qui représente les hautes altitudes, est caractérisée par une biodiversité plus élevée, qui peut être due à la conductivité basse et aux températures plus ou moins fraîches, dans cette zone. En effet son assemblage faunistique est composé d'un maximum d'espèces (67 taxons), ceci est confirmé par les indices de diversité ainsi que par l'IBGN qui montre une meilleure qualité de l'eau notamment en hiver, et qui peut être même très bonne dans certaines stations (K1).

Toute altération du milieu aura des conséquences sur la biodiversité qui se traduira par une modification de la composition spécifique des peuplements (**Cayrou et al, 2000**). Dans la zone aval la température du jour et l'amplitude thermique élevée, constitue le facteur limitant le plus important pour les macroinvertébrés benthiques (**Jacobsen et al. 1997**), qui provoque une forte évaporation, conduisant à une faible diversité des micro-habitats, et à des conductivités élevées (**Lounaci, 1987**), par conséquent, cette zone est caractérisée par une faible richesse taxonomique, qui peut être due aussi aux perturbations dans le milieu (rejets urbains et industriels, et aux activités agricoles), cette répartition de la faune benthique dans les cours d'eau est renvoyée à l'action de la température (**Lavendier, 1979 ; Thomas, 1981 ; Angelier et al 1985 et Vinçon, 1987**) la faible diversité des zones de plaine peut aussi être attribuée à une température de l'eau élevée, ainsi qu'au faible débit. Les perturbations observées peuvent être considérées comme des résiliations du réchauffement des eaux des plaines, où la conductivité est très élevée (**Gagneur et Thomas, 1988**).

CONCLUSION

Conclusion :

L'oued Tafna comme tous les cours d'eau méditerranéens, se caractérise par une irrégularité de l'écoulement, son régime hydrologique est connu par un maximum à l'hiver et au printemps, et des étiages sévères et prolongés. L'étude climatique a révélé encore la tendance du climat de notre zone d'étude à l'aridité ces dernières décennies, ces variations s'intègrent dans un contexte de changement climatique, ce qui peut influencer la faune benthique.

Notre faune récoltée est composée de 95 taxons dont 22 ordres, les groupes les plus diversifiés classés selon leur diversité sont: les Diptères représentés par 24 taxons, les Coléoptères par 11 taxons, les Trichoptères et les Mollusques par 9 taxons, les Oligochètes par 8 taxons, les Crustacés par 7 taxons les Ephéméroptères et les Odonates par 6 taxons, les Hétéroptères par 4 taxons.

L'analyse de la répartition de la faune récoltée, a pu mettre en évidence la grande diversité de la zone des hautes altitudes par rapport à la zone des plaines. Les stations amont renferment plus de 87% de la richesse taxonomique, tandis que les stations aval n'hébergent que 62% du total des taxons. Les indices de diversité (Margalef, Shannon et l'Equitabilité) montrent une irrégularité de la diversité d'une station à une autre, et d'une période à une autre, due aux perturbations climatiques et anthropiques. En outre les résultats de l'IBGN montrent une dégradation de qualité de l'eau d'une station à une autre, et d'une période à une autre.

Grace à l'analyse factorielle des correspondances (AFC), on a pu mettre en évidence l'effet des variations saisonnières et spatiales sur la distribution de la faune, ce qui a permis de classer les organismes en :

- taxons inféodés aux hautes altitudes, et qui préfèrent des températures fraîches comme les Naididae, les Lymneidae, les Psychodidae... ;
- Des taxons inféodés aux basses altitudes, et qui préfèrent des températures élevées comme les Physidae et les Micronecta ;
- Des taxons à large répartition comme les Baetis, et les Simuliidae.

La comparaison entre la faune actuelle et celle qui a existé depuis 20 ans a révélé que notre zone d'étude a vécu un appauvrissement d'un point de vue taxonomique, une réorganisation de la communauté des macroinvertébrés :

- La disparition de certains taxons qui ont déjà existés dans notre zone d'étude, (les Plécoptères, 8 espèces des Ephéméroptères...) ;
- Certaines espèces ont commencé à se déplacer en altitude, en cherchant des conditions du milieu plus favorables (la remonté des Elmidae et l'apparition de ***Paraleptohplebia*** dans notre zone d'étude).

Nous pouvons également nous interroger sur l'effet de l'amplitude des perturbations sur la diversité. Il semble que les oueds ouest algériens soient soumis à des perturbations dont l'intensité dépasse le seuil permettant un maintien sinon une augmentation de la diversité.

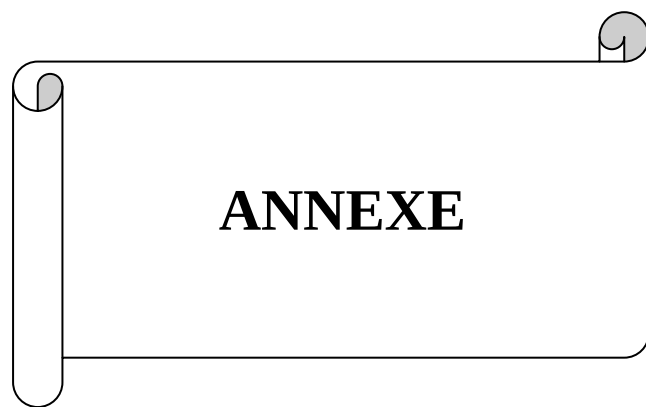


Tableau : grille d'appréciation de la qualité de l'eau.

Note IBGN/20	Appréciation
≥ 17	Très bonne
$13 \leq \text{IBGN} \leq 16$	Bonne
$9 \leq \text{IBGN} \leq 12$	Passable
$5 \leq \text{IBGN} \leq 8$	Mauvaise
≤ 4	Très mauvaise

Tableau de détermination :

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons indicateurs	t	>	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	Gi	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
Chloroperlidae															
Perlidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Perodidae															
Taeniopterygidae															
Capniidae															
Brachycentridae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Odontocéridae															
Philopotamidae															
Leuctridae															
Glossosomatidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Beraeidae															
Goeridae															
Leptophlébiidae															

Nemouridae															
Lepidostomatidae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Sericostomatidae															
Ephemeridae															
Hydroptilidae															
Heptageniidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Polymitarcidae															
Potamanthidae															
Leptoceridae															
Polycentropodidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Psychomyidae															
Rhyacophilidae															
Limnephilidae															
Ephemerellidae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Hydropsychidae															
Aphelocheiridae															
Baetidae															
Caenidae															
Elmidae	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Gammaridae															
Mollusques															
Chironomidae															
Asellidae	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Achètes															
Oligochètes															

En gras les taxons représenté par plus de 10 individus.

Liste des figures :	page
Fig 01: carte géologique du bassin versant de la Tafna.....	12
Fig 02: carte de la situation géographique des stations d'étude.....	18
Fig 03 : Evolution de la température moyenne mensuelles des deux périodes (ancienne et nouvelle).....	27
Fig 04 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles des deux périodes (ancienne et nouvelle).....	32
Fig 05 : Régime saisonnier d'ancienne et nouvelle période.....	34
Fig 06 : Diagramme de Bagnouls et Gaussen.....	36
Fig 07: Indice de Demartone.....	38
Fig 08 : Climagramme d'Emberger.....	40
Fig 09: variations des débits mensuels moyens (1975-2005).....	41
Fig 10: variation spatio-temporelle de la température de l'eau.....	43
Fig 11: variation spatio-temporelle de taux d'Oxygène.....	44
Fig 12: variation spatio-temporelle de pH.....	44
Fig13: variation spatio-temporelle de la conductivité.....	45
Fig 14: variation spatio-temporelle de la DBO ₅	45
Fig 15: variation spatio-temporelle des chlorures.....	46
Fig 16: A : Cercle de corrélation. B : Distributions Spatiale des points de prélèvements dans le plan factoriel F1-F2, C: Evolution temporelle (HE : hautes eaux ; E : étiage).....	48
Fig 17 : Abondance des différents taxons des Diptères dans les deux périodes.....	51
Fig 18: Abondance des différents taxons des Ephéméroptères pour les deux périodes de prélèvement.....	52
Fig 19: Abondance des différents taxons des Trichoptères pour les deux périodes de prélèvement.....	53

Fig 20: Abondance des différents taxons des Coléoptères.....	54
Fig 21: Abondance des différents taxons des Oligochètes.....	55
Fig 22: Abondance des différents taxons des Mollusques.....	56
Fig 23: Abondance des différents taxons des Odonates.....	56
Fig 24: Abondance des différents taxons des Hétéroptères.....	57
Fig 25: Abondance des différents taxons des crustacés.....	58
Fig 26: Variation de l'indice de Margalef dans les stations au cours des deux périodes de prélèvements.....	59
Fig 27: Variation de l'indice de Shannon dans les stations au cours des deux périodes de prélèvements.....	61
Fig 28: Variation de l'indice d'équitabilité dans les stations au cours des deux périodes de prélèvements.....	62
Fig 29: structure trophique des communautés d'invertébrés de la zone d'étude.....	64
Fig 30: variation spatiale des taxons avec un effectif > 10.....	67
Fig 31: répartition temporelle des taxons avec un effectif > 10.....	69
Fig 32: Distribution de la faune selon les classes de la température.....	71
Fig 33: Distribution de la faune selon les classes de l'Oxygène dissous.....	73
Fig 34: Distribution de la faune selon les classes de DBO ₅	75
Fig 35: Comparaison entre les paramètres des deux périodes (1988 et 2010).....	76

Liste des tableaux :	Page
Tableau 01 : Températures moyenne mensuelle des deux périodes (ancienne et nouvelle)..	26
Tableau 02 : Amplitude thermique des stations météorologiques (Ancienne période 1913-1938).....	28
Tableau 03: Amplitude thermique des stations météorologiques (Nouvelle période 1980-2004).....	28
Tableau 04: Précipitations moyennes mensuelles des deux périodes (ancienne et nouvelle)...	31
Tableau 05 : régimes saisonniers.....	34
Tableau 06 : Indice de De Martone.....	37
Tableau 07 : Quotient d'Emberger.....	39
Tableau 08: Résultats de l'indice de Margalef calculé.....	59
Tableau 09: Résultats de l'indice de Shannon calculé.....	60
Tableau 10: Résultats de l'indice d'équitabilité calculé.....	61
Tableau 11: Résultats d'IBGN de différentes stations d'études.....	62

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. **AFNOR, 1992 ; 2004** : qualité écologique des milieux aquatique. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique global normalisé. *Association française de normalisation, norme homologuée* s (T90-350).
2. **Angelier, 2000** : Ecologie des eaux courantes. *Edition technique et document* : 199p.
3. **ANGOT A., 1916-** Traité élémentaire de météorologie .*Edit Gauthier-Villars et Cie, Paris* : 415 P.
4. **Arab.A, 2004:** Recherche faunistique et écologique sur le réseau hydrographique de Chéelif, du bassin versant de Mazfran. *Thèse Doctorat U.S.T.H.B.* 145p.
5. **Aubert.J, 1959:** Plecoptera. *Insecta Helvetica Fauna*, 1:1-140.
6. **Authier.A, 1981** : Rapport d'analyse des eaux de la région de Tlemcen.
7. **Begon.M, Harper J.L. & Townsend C.R. 1996:** Ecology: individuals, population, and communities, Third edit., Blackwell Science, Oxford: 1068p.
8. **Belaidi-Aliane N. 1992** : Etude de la salinité dans le bassin versant de la Tafna et son influence sur quelques organismes benthiques. thèse de Magister, Université de Tlemcen (Algerie), 64 p.
9. **Benbow M.E., Burky A.J. & Way C.M. 2003:** Life cycle of a torrenticolous Hawaiian chironomid (*Telmatogeton torrenticola*): stream flow and microhabitat effects. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, 39, 103-114.
10. **Benbow M.E., Burky A.J. & Way C.M. 2003:** Life cycle of a torrenticolous Hawaiian chironomid (*Telmatogeton torrenticola*): stream flow and microhabitat effects. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, 39, 103-114.
11. **Benest, 1985** : Evolution de la plate forme de l'Ouest algérien et du Nord - Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie, milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. *Thèse, Doctorat, Lab., Géol. Univ, Lyon. Fasc. 1*, 367 p. 107.
12. **Bermond.D et Perrondan.C, 1979** : Les paramètres de la qualité des eaux. *Ministère de l'environnement, Paris* : 259p.
13. **Berteaux.D ,2010** : Impacts des changements climatiques sur la faune du Québec. Université du Québec à Rimouski.
14. **BIP, 2010** : Fragmentation et régulation des débits des cours d'eaux. Biodiversity Indicators Partnership. www.twentyten.net/riverfragmentation

15. **Blanchet H, 2004** : Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du bassin d'Arcachon. Thèse doctorat, l'université bordeaux I, école doctorale sciences du vivant, geosciences, sciences de l'environnement
16. **Bonnefoy.C, Quénol.H, Barbeau.G, Madelin.M ; 2010** : Analyse climatique à l'échelle des coteaux du Layon. VIII International terror congress.
17. **Borrer.D.J et White.R.E, 1999** : Le guide des insectes du Québec et de l'Amérique du Nord, Les guides Peterson, Québec, Canada.
18. **Bouanani. A, 2000** : Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse doctorat. Univ. Tlem.
19. **Bouazza. M & Benabaji. N, 2010** : Changements climatiques et menaces sur la végétation en Algérie occidentale .Changement climatiques et biodiversité. Vuibert-Apas.Paris :101-110P.
20. **Bouzidi.A et Guidicelli.J, 1994** : Ecologie et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut Atlas marocain. Rev. Fac. Sci. Mar, 8 :23-43.
21. **Camargo, J. A., Alonso, A. et De La Puente, M. 2004**: Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. Environmental Monitoring and Publishers, 96:233-249.
22. **Cayrou.J ; Compin.A ; Giani.N et Céréghino.R, 2000**: Associations spécifiques chez les macroinvertébrés benthiques leur utilisation pour la typologie des cours d'eau. Cas du réseau hydrographique Adour-Garonne (France). Annls Limnol.36(3) : 189-202.
23. **Cereghino.R, 1992** : Influence des variations du débit artificielle sur la faune.
24. **Chaabane. A, 1993** : Etude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie: Typologie, Syntaxonomie, et éléments d'aménagement. Th. Doct. Es-sciences en Ecologie. Uni. Aix-Marseille III; 205P+annexes.
25. **Chessman.BC, 1995**: Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification and biotic index. Australian journal of ecology. 20:122-129.
26. **Daget. Ph, 1977** : le bioclimat méditerranéen. Caractères généraux, mode de représentation. Végétation.34 :1-20.
27. **Daget. Ph, 1980** : Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen, le climat. Colloque de la fondation L. Emberger sur la mise en place. Evolution et la caractérisation de la flore et de la végétation du Circum. Montpellier, 9-10/04. 101-120

28. **Dajoz.R, 1979** : Précis d'écologie. Paris. J.V.549p.
29. **Dakki.M et Algbani.M.A, 1983** : Ephéméroptères d'Afrique du Nord : 3.Elément pour la connaissance de la faune marocaine. Bull. Inst Sc,Rabat, 7 : 115-126.
30. **Dauvin Jean-Claude, 2009** : Etat des connaissances relatives à la dérive des peuplements benthiques en Manche. Colloque Hydroécologie 2009 – Université Nord de France, Université de Lille1, Station Marine de Wimereux, 62930 Wimereux
31. **Debrach. J, 1953** : Notes sur les climats du Maroc occidental, Maroc méridional, 32,342 :1122-1134P.
32. **Debrach.J, 1959** : Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc méridional* ; 32 : 1122-34
33. **Decamps P, 1968** : Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. Annls. Limnol, 4 :1-50.
34. **Décamps.H, 2009** : Extinctions d'espèces dans les eaux continentales. Colloque Hydroécologie 2009 – Bordeaux,Académie des Sciences.ECOLAB-UPS-INPT
35. **Demoulin G, 1981** : Ephéméroptères. In Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelosoudanienne, Tome II (Durand, J. -R. & Lévêque, C., eds). ORSTOM: 407-443.
36. **Dethier 1985-1986** : Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales française. Insecte. Hétéroptères aquatique et répiques (genres et principales espèces). Association française de limnologie : 40 P.
37. **Dobson M. & Hildrew A.G; 1992**: A-test of resource limitation among shredding detritivores in low order streams in southern England. J. Anim. Ecol., 61: 69-77.
38. **Dument.B, 2008** : Les changements dans les écosystèmes fluviaux. Colloque hydroécologique 2008-Clamart.
39. **Duvignaud. P, Lamotte. M, Lavergne. D, Pérèse.J M, 2011** : Biocénoses. Encyclopaedia universallis
40. **EDEN, 2004** : Programme pilote de suivi physico-chimique de l'impact et de la gestion des activités humaines sur le milieu lagunaire Maître. Eco-Développement concerté autour des Etangs du Narbonnais.
41. **Emberger. L ; 1930** : Sur la formule climatique applicable en géographie botanique C.R.A.cad.Sc ; 1991 :389-390 P.
42. **Emberger. L ; 1955** : Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Labo. Bot. Zool. Fac. Sci, Montpellier, 7 :1-43 P.

43. **Estienne et Godrona, 1970** : « climatologie » collection 3eme édition. 80P
44. **Feminella J.W et Resh V.H, 1990**: Hydrological influences, disturbance, and intraspecific competition in a stream caddisfly population. *Ecolgy*, 71: 2083-2094.
45. **Fruget.JF et Dessaix.J, 2002** : Biodiversité structurelle et fonctionnelle des peuplements de macroinvertébrés en tant que descripteur de la variabilité hydraulique : exemple de deux parties court-circuitées du Rhône Moyen. *Revue des sciences de l'eau*, vol. 15, n° 1, 2002, p. 209-221.
46. **Gagneur.J, 1983** : Surveillance biologique de la qualité des eaux. Exemple d'application au bassin de la Tafna (Algérie). communication au journée de l'eau. 25-27 Mai 1983 Tlemcen (Algérie) : 21p.
47. **Gagneur. J; Thomas. AGB et Vitte. B 1985** : Première citation d'une espèce du genre *Paraleptophlébia* en Afrique du Nord. *P.cincta* (Retzius, 1783) et son écologie (Ephemeroptera, Leptophlebidæ). *Bill. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 121, 1985, 141-143.
48. **Gagneur.J et Thomas. AGB, 1988** : Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I. Répartition et écologie (1 ère partie) (*Insecta, Ephemeroptera*). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 124 : 213-223.
49. **Gagneur.J et Aliane.N, 1991** : Contribution à la connaissance des plécoptères d'Algérie.
50. **Gardia.P, 1975** : Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord occidentale. Thèse .Doct. Nice. 256 p., 139 .
51. **Gerdeaux.D ; INRA.Thonon, 2008** : Changements globaux des écosystèmes aquatiques continentaux. Colloque hydroécologique 2008-Clamart
52. **Giani.N, 1983** : Le Riou Mort, affluent du lot pollué par les métaux lourds. Etude faunistique générale. *Annls Limnol*, 19 : 29-43.
53. **Gitay.H; Suárez.A; Watson.R.T; Dokken.D.J, 2002**: Les changements climatiques et la biodiversité. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. ISBN: 92-9169-104-7
54. **Giudicelli J., Dakki M. & Dia A. 1985** : Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22, 2094-2101.
55. **González J.M., Basaguren A. & Pozo J. 2003**: Macroinvertebrate communities along a third-order Iberian stream. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, 39, 287-296.

56. **Grall.J et Coïc.N, 2005:** Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Institut Universitaire Européen de la Mer – Université de Bretagne Occidentale. Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin.
57. **Grall.J et Hily.C, 2003 :** Traitement des données stationnelles (faune). FT-10-2003-01.doc.
58. **Gray, J. S., McIntyre, A. D., & Stirn, J. (1992) :** Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. FAO Document technique sur les pêches, N° 324, 53.
59. **Grigg. RW, 1983:** Community structure, succession and development of coral reefs in Hawaii. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, *Il*: 1-14.
60. **Grubaugh J.W., Wallace J.B. & Houston E.S. 1996:** Longitudinal changes of macroinvertebrate communities along an Appalachian stream continuum. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 53, 896-909.
61. **Hynes H.B.N., 1970:** The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool. 555p.
62. **IBGE, 2005 :** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Fiche 2. Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles". Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.
63. **Ives A.R. & Kopfer E.D. 1997:** Spatial variation in abundance created by stochastic temporal variation. *Ecology*, 78, 1907-1913.
64. **Jacobsen D., Schultz R. & Encalada A. 1997:** Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biol.*, 38:247-261.
65. **Kangueja Bukasa. F, 2009 :** Analyse de la diversité des ligneux arborescents des principaux types forestiers du nord-est de la réserve de biosphère de Luki (bas-congo, RDC). Université de Kisangani - Master en gestion de la biodiversité et aménagement forestier durable.
66. **Kaushal S.S, Likens G.E, Jaworski N.A, Pace M.L, Sides A.M, Seekell D, Belt K.T, Secor D.H, & Wingate R.L 2010:** Rising stream and river temperatures in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*, November, Vol. 8, No. 9: 461-466.
67. **Kide S.O, 2010 :** Evolution spatiotemporelle des indices d'abondance d'assemblages benthiques (ichtyofaunes) Application aux campagnes océanographiques dans la zone

- économique exclusive mauritanienne. Centre d'Océanologie de Marseille. Laboratoire de Microbiologie, Géochimie et d'Ecologie Marines.
68. **Laignel.B et Souissi.S, 2010** : Effet de changement climatique dans le contexte des changements globaux. Expertise sélective sur l'estuaire de la seine.
69. **Lavendier 1979** : Ecologie d'un torrent pyreen de haute montagne : l'Estaragne. Thèse de Doctorat d'état. Univer Paul Sabatier Toulouse : 523p.
70. **Le Houerou et al, 1977** : Etude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1000.000. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afri. Nord.* 36-40.
71. **Le Houerou.N, 1995** : Considération biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 6 pp : 167-182.
72. **Lek, S., Lounaci, A. & Park, Y.S., 2004**: Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Annals Limnol Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, 40 (4), 317-327.
73. **Lischer.P, 2001**: Saupleing procedures to determine the position of genetically modified organism in raw materiels. *Milt Liebeusm. Hugg* : 290-311.
74. **Lounaci et Daoudi, 1996** : Travaux sur la faunistique. L'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique de Sébaou. Thèse Magistère. Univ Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 152p.
75. **Lucas,G 1942** : Description géologique et pétrographique des monts de Rhar - Roubane et du Sidi El Abed (frontière algéro - marocaine). *Bull. Serv. Cart. Géol. Algérie* (2), n° 16. 539 p., 131 fig, 34 pl.
76. **Lyne Pelletier** : biologiste, M. Sc. de l'Environnement MDDEP, Québec, novembre 2007. Entrevue téléphonique par Daphné Touzin.
77. **Margalef, R 1951** : Diversidad de espices en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. Apl.* Barcelona, 9 :5-27.
- 78. McGlade.J, 2007** : Changement climatique : la biodiversité européenne en danger. La Journée internationale de la diversité biologique.

79. **Mebarki. M, 2001** : Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (parc national de Djurdjura. oued Sébaou et oued Boughni), faunistique, écologie, et biogéographie des macroinvertébrés benthique. Thèse de magistère.
80. **Megnounof et al, 2004** : Rôle des crues dans la production de sédiments transporté en suspension dans un cours d'eau des bassins versants méditerranéens. VIII^{èmes} Journées nationale Génie Civil –Génie Côtier, Compiègne, 7-9 Septembre 2004.
81. **Moisan.J, 2010** : Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec.2010.
82. **Nisbet.M et Verneaux.J, 1970** : Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Ann. Limnol* : 161-190.
83. **Parmesan. C; Ryrholm. N; Stefanescu. C; Hill. J.K; Thomas. C.D; Descimon. H; Huntley.V; Kaila. L; Kullberg. J; Tammaru. T; Tennent W.J; Thomas J.A; Warren. M, 1999**: Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399, 579-583
84. **Pearson, T. H., & Rosenberg, R. (1978)**: Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review*, 16, 230-306.
85. **Peguy Ch. P, 1970** – Précis de climatologie. Ed. Masson et Cie, 444 P.
86. **Pires A.M., Cowx I.G. & Coelho M.M. 1999**: Seasonal changes in fish community structure of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana Basin (Portugal). *J. Fish Biol.*, 54, 235- 249.
87. **Planton.S, 2008** : L'état des connaissances sur l'évolution du climat en France et quelques impacts hydrologiques. Météo France. Centre national des recherches meteorologique. Toulous. Colloque hydroécologique 2008-Clamart.
88. **Poisson, 1938** : Hémiptères aquatiques sandaliorrhyncha Born.de la faune française. II. Micronectinae. Etude systématique et biologique ; principales espèces paléartiques. *Ann. Sco. Ent.Fr*, 107 : 81-120.
89. **Ramade. E, 1982** : Elément d'écologie : Ecologie appliqué. Mac Grawill : 452P.
90. **Reid. H, 2006**: Climatic change and biodiversity in Europe. *Conservation and Society* 4(1): 84-101.

91. **Reid.H et Swiderska.K, 2008** : Biodiversité, changement climatique et pauvreté. Un rapport de l'IIED : International Institute for Environment Development.
92. **Richards C., Host G.E. & Arthur J. W. 1993**: Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwat. Biol.*, 29, 285-294.
93. **Richards C., Host G.E. & Arthur J. W. 1993**: Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. *Freshwat. Biol.*, 29, 285-294.
94. **Rodier, 2000** : Manuel de laboratoires de chimie générale 202-FSA-05. Rapport interne, département de Sciences de la nature. Cégep de Saint-Félicien. Canada p.63-66.
95. **Schmitz. C et Krippel. Y, 2007** : Mise en place d'un plan de gestion transfrontalier des ressources en eau de la Haute -Sure Belge- Luxembourgeoise, rapport, 134p.
96. **Seltzer, 1946** : Le climat de l'Algerie.Inst.Meteo.et de phys. du globe Univ. Alger : 219P.
97. **Sowa.R, 1975**: Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running water in the polish part of the corpathians.I. Distribution and quantitative analysis.acta. Hydrobiol 17(3): 233-297.
98. **Tachet.H ; Bournaud M et Richoux Ph, 1980** : Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique) Association française de limnologie : 150p.
99. **Tate C.M. & Heiny J.S. 1995**: The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwat. Biol.*, 33, 439-454.
100. **Tate C.M. & Heiny J.S. 1995**: The ordination of benthic invertebrate communities in 331 the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwat. Biol.*, 33, 332 439-454.
101. **Tebibel, 1991** : Hémiptères aquatiques d'Algérie. Clé dichotomique, inventaire des espèces. Aperçu écologique. Distribution en Algérie et dans le monde. Thèse magistère. USTHB Alger : 247P.
102. **Thomas.AGB, 1981** : Travaux sur la taxonomie, la biologie et écologie des insectes torrenticole de sud-ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae,

- Cecidomiidae, Rhagionidae, et Athéricidae) avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse de doctorat. Uniser Paul Sabatier, Toulouse : 330p.
103. **Townsend C.R. & Hildrew A.G. 1984:** Longitudinal pattern in detritivore communities of acid streams: a consideration of alternative hypotheses. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 22, 1953- 1958.
 104. **Vinçon 1987 :** Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance de cours d'eau de montagne. Thèse docteur ingénieur, univer. Paul Sabatier, Toulouse : 381p.
 105. **Vitousek PM; Mooney HA; Lubchenco.J; Melillo.JM, 1997:** Humain domination of earth's ecosystems. *Science* 277, 492-499.
 106. **Ward et Stanford, 1983b:** The intermediate disturbance hypothesis: an explanationfor biotic divercity patterns in lotic systems: 347-356, in Fontain T.D.& Bartell S.M.(eds):Dynamics of lotic ecosystems. Ann Arbor Sciences, Ann Abor, Michigan.
 107. **Warwick. RM, 1993 :** Environmental impact studies on marine communities – Pragmatical.
 108. **William D.D et Felmate.B.W, 1992:** aquatic insects. CAB International: 335p.
 109. **Woodcock.T.S et Huryn.A.D, 2007:** The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. *Freshwater biology*, 52:177-196.
 110. **Zougaghe. F & Moali. A, 2007:** Variabilité spatio-temporelle des macro-invertébrés benthiques du bassin versant de la Soummam. Université de Béjaia, Algérie, ECO-3224.

ملخص:

تغير المناخ يؤثر على النظم الايكولوجية المائية و ذلك بتغيير هيكلها. إن ثبات اللاقاريات القاعية يجعلها تحت تأثير هذه التغيرات المناخية. لتسليط الضوء على تأثير تغير المناخ على اللاقاريات القاعية جمعنا عينات على مدى سبعة أشهر (عينة واحدة عن كل شهر). و شملت الدراسة سبعة محطات من المنبع الى المصب من وادي تافنة. و جمعت المعلومات الفيزيائية و الكيميائية بالتوازي مع العينات الحيوانية (درجة حرارة الماء, و الأكسجين المذاب, و الموصلية, و درجة الحموضة و الكلوريدات). تمت دراسة التغيرات المكانية و الزمانية من المعلومات الفيزيائية بإجراء المعالجة الاحصائية (ACP).

AFC. و لدراسة التغيرات المكانية و الزمانية للحيوانات و تأثير العوامل الفيزيائية على توزيعها اجرينا تأثير المناخ على اللاقاريات القاعية يبدو مختلف من صنف الى اخر مما ادى الى اعادة تنظيم المجتمعات.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية, التنوع البيولوجي, اللاقاريات القاعية

Résumé :

Le changement climatique exerce une influence sur les écosystèmes aquatiques induisant à des variations dans leur structure. La sédentarité du peuplement des macroinvertébrés benthiques, le soumis sous l'influence de ces variations climatique. Pour mettre en évidence l'effet du changement climatique sur le peuplement des macroinvertébrés, on a effectué des prélèvements sur une période de sept mois (un prélèvement pour chaque mois). Sept stations de l'amont vers l'aval de l'oued Tafna ont été prospectées. Des paramètres physico-chimiques ont été prélevés en parallèle avec les prélèvements faunistiques (température de l'eau, Oxygène dissous, conductivité, pH, DBO₅, et les chlorures). Le traitement statistique ACP a été effectué pour étudier les variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques. Une AFC a été effectué pour l'étude des variations spatio-temporelle de la faune et l'influence des paramètres physico-chimiques sur leur distribution. L'effet du changement climatique sur le peuplement des macroinvertébrés, apparait différent d'un taxon à un autre conduisant à une réorganisation des communautés.

Les mots clé : réchauffement climatique, biodiversité, macroinvertébrés benthique.

Summry:

Climate change influences on aquatic ecosystems in inducing changes in their structure. The sedentary of benthic macroinvertebrates population, make it under the influence of these climatic variations. To hightlight the effect of climate change on the population of macroinvertebrates, we collected samples over a period of seven months (one sample for each month). Seven stations from upstream to downstream of wadi Tafna were surveyed.

Physico-chemical parameters were collected in parallel with the faunal samples (water temperature, dissolved Oxygen, conductivity, pH, DBO₅ chlorides). The statistical treatment was performed for ACP study the spatio-temporal variations of physic-chemical parameters. A CFA was conducted to study the spatio-temporal variations of the fauna and the influence of physic-chemical parameters of their distribution. The effect of climate change on the population of macroinvertebrates, appears different from one taxa to another leading to a reorganization of communities

Key words: Climate changes biodiversity, macroinvertebrates.