

1-Description des stations d'études

L'échantillonnage consistée à rassembler la plus grande diversité faunistique représentative des habitats à étudier pour obtenir un bilan plus complet possible des taxons présents dans les plans d'eau (Haouchine, 2011).

Le choix des points de prélèvement sont faits en fonction de l'objectif de l'étude. Pour cela, nous avons choisi trois stations de la distance entre l'une à l'autre est d'environ 1400 m pour les raisons suivantes :

- ✓ Zone peu profonde
- ✓ Zone riche en végétation (habitat)
- ✓ L'accessibilité routière
- ✓ Le barrage El Ksob entoure par une série de montagnes en particulier dans la région du sud (région en aval du barrage)

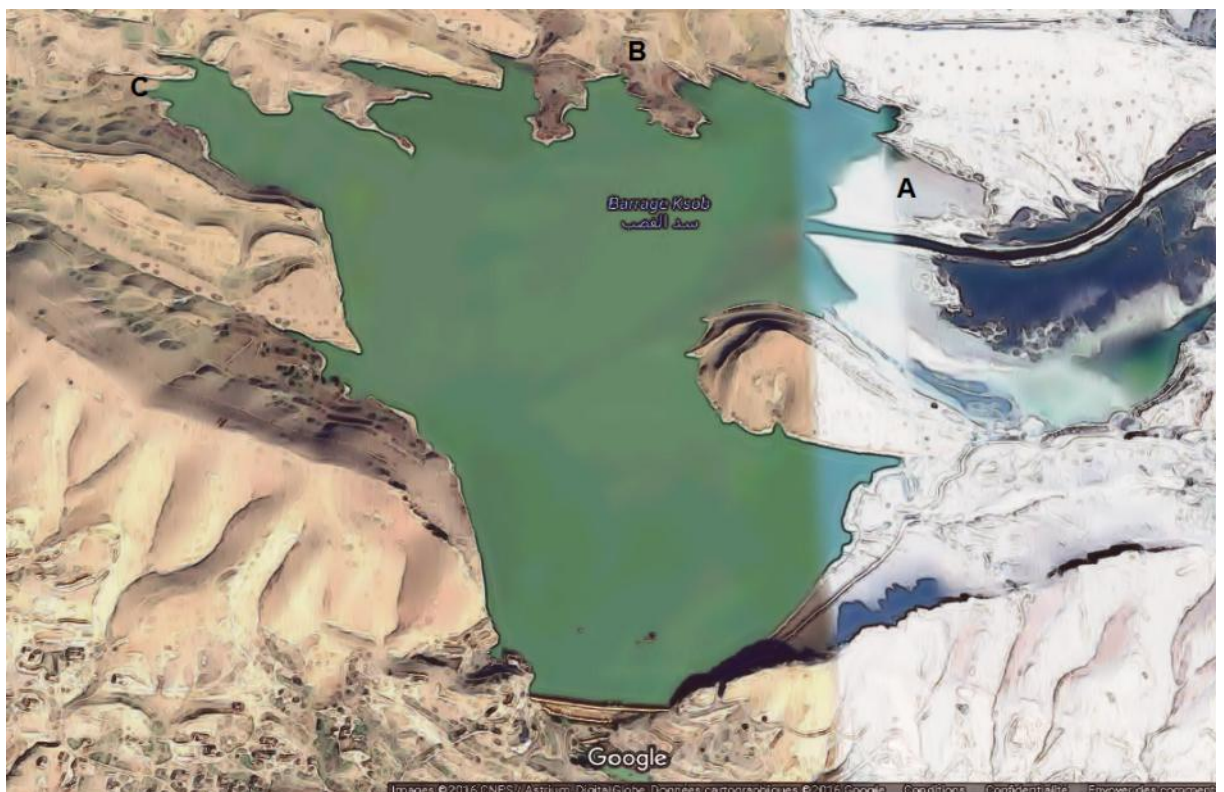


Figure 5 : Les stations d'échantillonnages

Les coordonnées géographiques des stations d'étude :

Station A : 35°50'26.7"N et 4°34'32.7"E

Station B : 35°50'37.4"N et 4°33'58.5"E

Station C : 35°50'42.6"N et 4°33'18.5"E

2-Etude du macro-invertébré benthique

2-1- L'échantillonnage

Il est souhaitable de se mettre dans l'eau avec des bottes, et des cuissards. Les prélèvements s'effectuent avec un échantillonneur de type fauchoire, une nasse, des tamis. Le support est alors soit nettoyé à la main (exemple : les pierres), soit gratté à l'aide d'un râteau sur une épaisseur de quelques centimètres (exemple : le sable) ou éventuellement prélevé en totalité (exemple : les végétaux immergés).

Soit l'échantillonneur de type « Haveneau » où troubleau s'utilise par une traction sur environ 50 cm ou en va-et-vient au niveau du support à prélever. Généralement dans les milieux lenticques.

Les échantillons se feront à la fois dans des milieux lotiques et lenticques. Le choix des micro-habitats retenus s'effectue à la fois en fonction de leur aptitude biogène (c'est à dire favorable à la vie aquatique), de leur représentativité au sein de la station et des différentes classes de vitesse du courant sur le site.

Une observation de l'ensemble du site, du bord de la berge et du cours d'eau est réalisée pour définir le plan d'échantillonnage. Cette opération permet de caractériser le site et les différents supports (pierres, sable, végétation aquatique, etc.) qui le composent. Les différents supports (ou micro-habitats) du site sont repérés, opération préalable indispensable pour effectuer l'échantillonnage suivant un protocole standardisé .

La capture d'adultes est bien souvent utilisable pour l'identification spécifique de certains taxons difficile à séparer au stade larvaire, tels les Epheméroptères, les Plécoptères et

la plupart des Diptères. La méthode la plus couramment utilisée est la chasse à vue et à la pince.

2-2-Conservation des échantillons

Les échantillons récoltés sont transférés dans des sachets en matière plastique, puis fixés à l'aide d'une solution de formol à 5% sur le lieu même du prélèvement. La date, le numéro et les caractéristiques de la station sont notés à chaque prélèvement.

La faune récoltée lors de chaque prélèvement a été triée, dénombrée et enfin identifiée au laboratoire.

2-3-Tri et l'identification de la macro invertébrée au laboratoire

Cette opération consiste à extraire la faune du substrat contenu dans l'échantillon. Elle se fait au laboratoire, ou les échantillons conservés dans des récipients étiquetés par station sont rincés abondamment l'eau claire sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (5 à 0,2 mm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles...). Le contenu des tamis est ensuite reversé dans une bassine puis transvasé dans des béciers pour les trier et les identifier.

Les organismes pris en considération se trouvent sous forme larvaire, nymphe, imagos et adulte. Les fourreaux et/ou coquilles vides ne sont pas comptabilisés.

Les taxons triés sont identifiés selon le niveau de précision requis (famille ou genre) à l'aide d'une loupe binoculaire et de clés de détermination. Les invertébrés sont systématiquement comptés sauf lorsque le nombre d'individus d'un même taxon dépasse largement 50, au-delà il est possible de les estimer.

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 les clés de détermination des macros invertébrées suivantes : Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain (Oscoz et al, 2011), Freshwater Invertebrates in Central Europe (György, 2014) ,

Systématique biologie, écologie (Tachet et *al.*, 2010) et Clé simple de détermination des macro-invertébrés d'eau douce (Leclercq et Solito de Solis, 2010).

2-4-Indices de diversités

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la diversité du peuplement. La mesure de la richesse taxonomique, la diversité (Shannon, Simpson, etc.) et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudié à des moments différents (Barbault, 1995). Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce, de comparer entre eux des peuplements et comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (Dajoz, 1985).

2-4-1-Richesse taxonomique

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque station (Boulinier et *al.*, 1998 ; Ramade, 2003).

2-4-2-Abondance des espèces

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (i) présent par unité de surface ou de volume (Ramade, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

$$P_i = (n_i / N) * 100$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i. N = nombre total d'individus

2-4-3-Indice de diversité de Schannon-Weaver H'

De tous les indices, la formule de Schannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à

aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (Blondel, 1979 ; Legendre *et* Legendre, 1979 ; Barbault, 1981).

L'indice de Schannon-Weaver H' (Schannon *et* Weaver, 1963), convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Il a pour expression :

$$H' = - \sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce de rang i

N = nombre total d'individus

Cet indice a pour unité le 'Bit', sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques Espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti Équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quant H' tend vers zéro (0), et est maximale quant H' tend vers ∞ (Ramade, 2003).

2-4-4-Equitabilité (Piélou, 1969)

Sachant que plus un peuplement est équilibré (pas de taxon largement dominant), plus il est stable et proche du climax et qu'à l'inverse, toute pullulation est le signe d'un déséquilibre dû à une cause naturelle ou anthropique.

L'indice d'équitabilité a été mis au point pour rendre compte de l'abondance relative de chaque taxon. Cet indice est dérivé de celui de Schannon-Weaver.

On peut calculer l'équitabilité à partir de l'équirépartition ou diversité maximale (H' max), laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individu. Dans ce cas :

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

Parallèlement à l'indice de Schannon-Weaver et afin de pouvoir comparer les densités de deux peuplements ayant de richesses spécifiques différentes (Ramade, 2003), nous utilisons l'équitabilité comme le rapport :

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

H' = indice de Schannon-Weaver.

S = Richesse spécifique

Log 2 = logarithme à base 2

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce, et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus (Ramade, 2003).

2-4-5-Indice de dominance (D)

La diversité au sein de la communauté des macro-invertébrés benthiques a été décrite en utilisant le l'indice de dominance ("D"), qui a été calculée comme suit:

$$D = \sum (n_i/N)^2$$

n_i : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

L'indice variera entre 0 et 1. Plus il se rapproche de 0, plus les chances d'obtenir des individus d'espèces différentes sont élevées. Cet indice met relativement peu de poids sur les espèces rares et plus de poids sur les espèces communes (Krebs, 1994).

3-Traitement statistique des données

L'analyse statistique est effectuée via le logiciel Paleontological Statistics Version 3.05

3-1-Indices de similarité

De nombreuses mesures de distance, de corrélation, et de similarité permettent de comparer les échantillons deux à deux, et de leur attribuer une valeur résumant leur ressemblance globale. Il est cependant fréquent, en milieu aquatique, que certaines espèces ne soient pas présentes dans tous les échantillons (Field et *al.*, 1982). Permettent de regrouper les stations en fonction du nombre d'espèces en commun. Certains prennent également en compte les abondances des espèces.

3-2- Analyse factorielle des correspondances

Analyse factorielle des correspondances (AFC) est une méthode d'ordination couramment utilisée dans les études biologiques.

Son utilisation est adaptée aux tableaux d'observations / variables qui présentent un grand nombre de données binaires. Son but est de donner la meilleure représentation simultanée des groupements de variables, permettant d'obtenir une correspondance entre groupes d'espèces et groupes de stations.

L'AFC permet d'ordonner les valeurs d'un tableau suivant un certain nombre d'axes correspondant à des facteurs de distribution (Thioulouse et *al.*, 1997). Elle consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique. L'AFC réalisée à partir des abondances des espèces aide à déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupe (Hill, 1974).