



Science de la Terre

Niveau : expert



Durée : 2 heures

INDICES BIOLOGIQUES DE QUALITÉ DE L'EAU



Établissement public du ministère chargé du développement durable





Les indices biotiques servent à mesurer la qualité des eaux de rivières à partir de la présence/absence de la faune locale. Cette animation permet de comprendre la façon dont ils fonctionnent.

Cette fiche expérience s'intègre dans le Parcours 3 : Solutions et techniques d'étude. Elle est réalisée dans le cadre d'un partenariat avec l'agence de l'eau Loire - Bretagne.

Qualité

Indices

Identification

Biodiversité

Eau

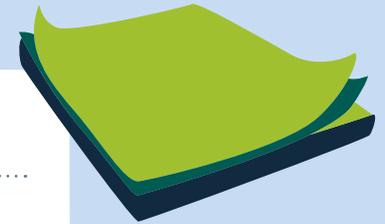
Rivières

Macro-invertébrés



Avant de réaliser cette expérience, il est préférable d'avoir fait celle de la fiche wikidebrouillard «Détermination des macro-invertébrés d'eau douce».

TU AS BESOIN DE...



Carton

Feuilles de papier 80g

Feutre de couleur

Crayon

Scotch

Ciseaux

Vignettes à imprimer



INTRODUCTION

La question de la **qualité des eaux de surfaces** (rivières, lac...) se pose souvent dans notre société :

- Est-ce possible de se baigner à cet endroit ?
- Est-ce possible de prélever de l'eau pour irriguer un champ ou encore de l'utiliser comme eau de boisson ?
- Et surtout, les activités humaines ont-elles des conséquences sur les espèces qui peuplent ces écosystèmes ?

Les scientifiques se sont posés la question de savoir comment **construire des indices de qualités de l'eau** qui permettent, au-delà d'une simple approche chiffrée, de **connaître et comprendre l'ensemble des perturbations qui adviennent dans une rivière.**

Ces **perturbations** peuvent être classées en deux grands types :

- Les **perturbations aiguës**. Elles sont souvent **accidentelles**, comme une fuite d'essence massive dans une rivière. Ce type de perturbation peut entraîner une forte mortalité des espèces présentes dans le milieu. Par sa nature temporaire, **elle ne laisse pas toujours de trace perceptible à long terme dans le milieu**, sauf au sein des communautés des êtres vivants ;
- Les **perturbations chroniques**. Elles sont **continues dans le temps**, comme la canalisation d'un cours d'eau, les rejets d'eau chaude d'une centrale nucléaire ou encore ceux de contaminants métalliques d'une usine sidérurgique. Ce type de perturbation peut être appréhendé lors d'une étude de terrain ou via des prélèvements ponctuels. **Avec le temps, ce type de perturbation peut aller jusqu'à une stérilisation du milieu.**

La difficulté est donc de construire un indice pouvant rendre compte des perturbations aiguës aussi finement que des perturbations chroniques. Il est en effet très probable de ne pas la percevoir si on fait des prélèvements d'eau ponctuels dans la rivière. De plus, les perturbations peuvent avoir une origine difficile à percevoir dans le temps et dans l'espace. En effet, celles-ci peuvent être :

- **Différées**. Elles résultent de l'accumulation d'un type de pollution dans le milieu ou à proximité. L'effet de cette perturbation entrera en jeu lors d'un aléa qui peut être très éloigné dans le temps de l'émission des polluants. Par exemple, l'accumulation de contaminant d'origine métallique dans un bras mort d'une rivière qui va brutalement être remis en suspension dans la colonne d'eau de la rivière lors d'une crue ;
- **Diffuses**. Ce sont des pollutions à bas bruit, comme la contamination des eaux par des nitrates d'origine agricole qui proviennent souvent de multiples sources dans tout le bassin versant.

Afin de pouvoir rendre compte de cela, les scientifiques ont donc construit des **indices de qualité de l'eau basés sur les organismes qui vivent dans ces eaux.**

En effet, si une pollution aiguë a lieu et détruit une partie des êtres vivants présents dans le milieu, leur absence lors d'une étude sur le terrain représente une forme d'enregistrement de la perturbation.

LA BIOINDICATION

Elle désigne « la capacité d'organismes ou d'un ensemble d'organismes à révéler par leur présence, leur absence ou leur comportement démographique les caractéristiques et l'évolution d'un milieu » (Blandin, 1986).

En France, **quatre indices biocénétiques basés sur la bioindication sont utilisés en routine** :

- Un indice basé sur les **poissons** ;
- Un indice basé sur les **macrophytes** (les plantes aquatiques qui sont visibles à l'œil nu) ;
- Un indice basé sur les **diatomées**. il s'agit d'algues microscopiques unicellulaires. Elles présentent une enveloppe externe siliceuse, permettant de déterminer de quelle espèce il s'agit) ;
- Un indice sur les **macro-invertébrés benthiques** (il s'agit des invertébrés qui vivent sur le fond des rivières).

Dans cette expérience, nous allons essayer de comprendre :

- **Les conséquences des perturbations sur les communautés ;**
- **Comment sont construits ces indices biologiques.**

Lors de cette expérience, nous allons utiliser le terme « **communauté** » dans le sens qu'il porte en écologie : « **En Écologie, une communauté est un ensemble d'organismes appartenant à des populations d'espèces différentes constituant un réseau de relations.** » (Source : *Wikipédia*).

Ici, le terme « communauté » correspond à **l'ensemble des macro-invertébrés qui vivent au même endroit, dans la même station.**



Le terme « **Écologie** » fait ici référence à la Science qui étudie les relations des êtres vivants entre eux et avec le milieu dans lequel ils vivent et qui est rattaché à la grande famille des Sciences de la Biologie.



Cette expérience est faite dans un but pédagogique et est destinée au grand public. Elle n'est en aucun cas une retranscription fidèle de la réalité du fonctionnement des écosystèmes.

Il a été choisi d'ignorer délibérément des facteurs très importants d'influence sur les communautés, comme :

- **L'influence des hydroécorégions** (zone homogène du point de vue de la géologie, du relief et du climat ; Sources : data.eaufrance.fr) ;
- **La diversité en habitat des cours d'eau** (présence et abondance des végétaux, vitesse du courant diversifiée, plusieurs zones de profondeurs différentes...) ;
- Le fait que naturellement, les paramètres du milieu évoluent de l'amont vers l'aval et avec eux les communautés, même en l'absence de perturbation d'origine anthropique (humaine). Cela correspond au **rang du cours d'eau**. Celui-ci se réfère à la progression du cours d'eau de l'amont vers l'aval. Les cours d'eau à la source reçoivent le numéro 1, puis les affluents immédiats de ce cours d'eau, le numéro 2 et ainsi de suite.

ÉTAPES DU PROTOCOLE DE L'EXPÉRIENCE

À répéter
autant de fois
que nécessaire !

1

IMPRIMER ET DÉCOUPER LES VIGNETTES ILLUSTRATIVES

Découper les différents éléments.

Les illustrations des stations avec :

- Une illustration pour la station sans perturbation d'origine anthropique ;
- Une illustration de station avec une perturbation chimique d'origine anthropique de type biocide ;
- Une illustration de station avec une perturbation chimique d'origine anthropique de type matière organique ;
- Une illustration de station avec une perturbation morphologique d'origine anthropique.

Les illustrations des résultats de prélèvements de macro-invertébrés avec :

- La station de référence ;
- La station « Biocides » ;

2

IMPRIMER ET DÉCOUPER LES VIGNETTES ILLUSTRATIVES

Imprimer et découper plusieurs exemplaires de chaque résultat de prélèvements sans l'illustration du type de station.

- La station de référence ;
- La station « Biocides » ;
- La station « Matières Organiques » ;
- La station « Morphologies ».

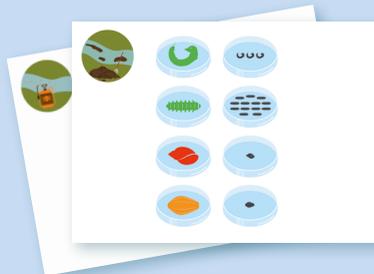
3

DESSINE-MOI UNE RIVIÈRE !

Lors de cette étape, faire dessiner une rivière aux participant.e.s. Cette étape peut être développée autant que souhaitée. Pour cela, utiliser un grand morceau de carton ou une grande feuille de papier. Mettre à disposition des participant.e.s des fournitures de bureau (cf : liste de matériel).

Idéalement, il faudrait que figurent sur le schéma **les éléments principaux d'un bassin versant** : la rivière collectrice, différents affluents (idéalement un ou deux), la mer. **Rajouter différents éléments du paysage** : ville, forêt, champs, prairie...

Pour réaliser cette étape, il est possible de se rendre localement sur une hauteur qui donne une vue sur une rivière et de la longer lors d'une sortie terrain afin de noter les éléments du paysage qui s'enchaînent le long de celle-ci, ou de réaliser des étapes de photo-interprétation.



4

LES PERTURBATIONS

Faire émerger par la discussion les différentes perturbations liées aux différents éléments du décor.

Les perturbations les plus courantes sont :



Les perturbations chimiques de type biocides. Un biocide est un produit dont le but est de tuer une catégorie d'êtres vivants (les herbicides tuent les plantes, les insecticides tuent les insectes, les fongicides tuent les champignons, les rodenticides tuent les petits mammifères comme les souris...). Les perturbations de ce type les plus courantes sont **d'origine agricole**. Les produits utilisés en agriculture finissent en partie dans les cours d'eau. Il s'agit aujourd'hui du **facteur majeur de dégradation des cours d'eau** ;



Les perturbations chimiques de type organique. Les perturbations de ce type viennent de différentes sources : les évacuations individuelles des maisons (rejets des égouts directement dans la rivière), les évacuations collectives (type station d'épuration) et les rejets d'origine agricole. Les premières disparaissent et les deuxièmes s'améliorent, c'est encore l'origine agricole qui est majoritaire pour ce type de pollution ;

Les autres types de perturbations physico-chimiques : il existe d'autres types de perturbations de types chimiques. Il peut s'agir de pollution d'origine industrielle actuelle ou ancienne (il reste de nombreux produits chimiques prisonniers des sédiments dans les barrages par exemple), des pollutions dues aux médicaments, des pollutions dues au salage des routes en hiver, des pollutions thermiques dues au refroidissement des centrales nucléaires, etc.



Les perturbations de type morphologique. Il s'agit de toutes les perturbations qui viennent modifier le cours naturel de la rivière. Il en existe de nombreuses sortes (calibrage, rectification, sur-creusement, canalisation, déplacement du lit mineur, chenalisation (creusement d'un chenal navigable...) ou encore les barrages. Ce type de perturbation est très courant.

5

INTRODUIRE LA NOTION DE STATION DE RÉFÉRENCE



Par contraste avec les différentes perturbations présentées ci-dessus, introduire la notion de station de référence.

Pour cela, il est nécessaire de définir la notion de station :

« **Endroit où l'on effectue des observations scientifiques ; installations qui y sont aménagées.** » (Source : dictionnaire Le Robert).

Une station de référence est une station (donc un endroit où l'on effectue des observations scientifiques) qui servirait à comparer les effets des perturbations énoncées à l'étape 4.

Il s'agit de stations sur lesquelles le moins de pressions humaines possible (voir plus loin « mise en garde ») ne s'appliquent. Même si dans les faits, ce type de station dite « de référence » est théorique, il convient ici de sélectionner les endroits les plus éloignés possible des perturbations.



Déposer sur le plan un ou plusieurs jetons « station de référence ». Pour cela, privilégier des têtes de cours d'eau (ou amont) situés à proximité de forêts ou de prairies. Elles doivent être le plus possible éloignées des zones urbaines, des champs de labours tandis que le cours d'eau ne doit pas avoir subi de perturbation morphologique.

6

ÉTAPE FACULTATIVE :

PRÉSENTATION DES MACRO-INVERTÉBRÉS

On trouve dans les cours d'eau de nombreuses espèces différentes, ayant des formes, des tailles, des régimes alimentaires, des cycles de vie très divers.

Les **macro-invertébrés** contribuent largement à plusieurs processus écosystémiques indispensables dans les cours d'eau, comme le recyclage de la matière organique.

Du fait de leur taille et de leur abondance, ils servent de nourritures à de nombreux autres animaux qui dépendent d'eux pour leur survie (mammifères, oiseaux, poissons, amphibiens, etc.).

Il est conseillé d'imprimer et de présenter les exemples proposés.



7

ÉTAPE FACULTATIVE :

DÉTERMINATION DES MACRO-INVERTEBRÉS

Avant de passer à la suite de l'expérience, il convient de présenter les êtres vivants sur lesquels cette fiche est basée. Il s'agit des **macro-invertébrés benthiques d'eau douce**.



Il s'agit d'invertébrés, c'est-à-dire d'êtres vivants ne possédant pas de squelette interne articulé, et qui sont visibles à l'œil nu (macroscopique). Ceux-ci vivent à proximité du fond de la rivière (benthique).

L'idéal pour introduire cette catégorie d'être vivant est de réaliser au préalable l'**expérience « Détermination de macro-invertébrés »**.

8

PERTURBATIONS ET ÉCHANTILLONNAGE

Placer à côté du schéma de la rivière les différentes perturbations avec leurs jetons.

- Perturbation chimique de type Biocide ;
- Perturbation chimique de type Organique ;
- Perturbation de type Morphologique.

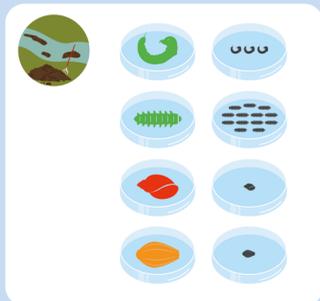


8

PERTURBATIONS ET ÉCHANTILLONNAGE

Afficher les différents résultats d'échantillonnages sur le schéma, sans les jetons, pour les différentes stations :

- **Station de référence ;**
- **Station « Biocide » ;**
- **Station « Matière organique » ;**
- **Station « Morphologie ».**



9

PERTURBATIONS ET ÉCHANTILLONNAGE

Les différents paramètres sont les suivants :

Dans **la boîte de Pétri de gauche** est affichés **la diversité en espèces**. Pour cela le symbole représentant les organismes est coloré selon **un gradient de couleur** :

- Les organismes sont colorés en **rouge** lorsqu'on trouve peu d'espèces de ce groupe dans la station. On parle alors de **station peu diversifiée** ;
- Les organismes sont colorés en **orange** lorsqu'on trouve quelques espèces de ce groupe dans la station. On parle alors de **station moyennement diversifiée** ;
- Les organismes sont colorés en **vert** lorsqu'on trouve beaucoup d'espèces de groupe dans la station. On parle alors de **station diversifiée**.



Dans **la boîte de Pétri de droite** est affichée **l'abondance en individus pour chaque groupe**. Plus le nombre d'individus pour chaque groupe est important, plus le nombre de symbole de chaque groupe est important.

Ensuite, pour chaque station, sont disponibles quatre symboles d'organisme différents :

- **Groupe des Éphémères – Trichoptères – Plécoptères.**

Il s'agit d'un groupe très sensible ou « polluo-sensible ». La plupart des espèces de ce groupe ont besoin d'une eau de bonne qualité, avec peu de pollution, une bonne oxygénation de l'eau et de la matière organique présente sans excès ;

- **Groupe des Diptères.** Il s'agit d'un groupe moyennement à peu sensible ou « polluo-résistant ». La plupart des espèces de ce groupe supportent une mauvaise qualité de l'eau avec parfois une concentration importante en polluants et en matière organique, ainsi qu'une oxygénation faible ;

- **Groupe des mollusques et crustacés.** Il s'agit d'un groupe moyennement sensible à la pollution. Ces espèces vont pouvoir vivre dans des eaux avec des paramètres moyens de qualité de l'eau.

- Ce dernier groupe rassemble les espèces qui ne rentrent pas dans les trois groupes précédents. Il réunit des espèces très différentes et ne rend compte que de la diversité et de l'abondance dans le milieu.

Idéalement, illustrer les exemples avec des images d'exemples locaux ou trouvées sur internet : pulvérisation à proximité d'un cours d'eau, écoulement de lisier dans un cours d'eau, etc.

10

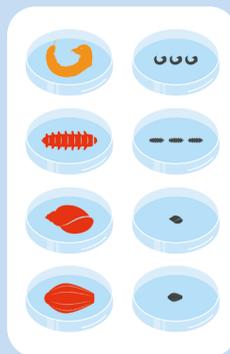
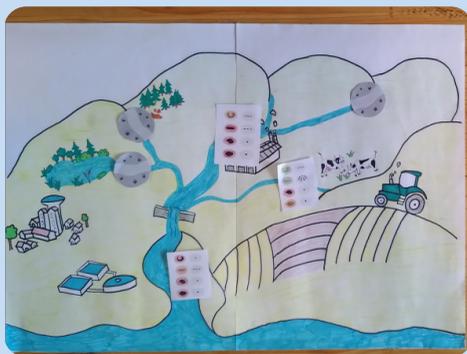
MONTRER LES RÉSULTATS DES ÉCHANTILLONS

Une fois les différentes stations présentées, mettre sur le schéma du bassin versant, en s'appuyant sur les éléments du schéma, les résultats de prélèvement imprimés sans les jetons de station associés.

Par exemple :

- **Afficher le résultat Biocide à proximité d'un champ ;**
- **Afficher le résultat Mo à proximité de représentation d'animaux ;**
- **Afficher le résultat Morpho à proximité d'une station.**

À l'aide seulement des prélèvements, il s'agira de faire trouver le type de station en montrant que le profil des communautés présentes dans le milieu, par comparaison à la station de référence, est un enregistrement des perturbations advenues dans le milieu.

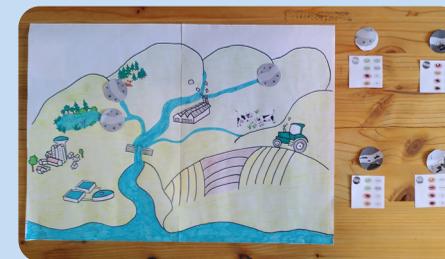


11

FAIRE TROUVER LE TYPE DE PERTURBATION AUQUEL CORRESPOND CHACUN DES RÉSULTATS D'ÉCHANTILLONNAGES

Confronter les résultats d'échantillonnage avec les images affichées lors des étapes 8 et 9 (images comprenant les jetons de perturbations ainsi que les profils de communautés associées).

Par comparaison, il est possible de relier une activité humaine avec un profil de communauté de macro-invertébrés, et par conséquent avec un type de perturbation.



12

FAIRE ÉMERGER LA NOTION D'INDICES BIOLOGIQUES

Par la discussion, il est possible de faire émerger la notion d'indices biologiques. En mesurant un écart à une norme (station de référence), il est possible d'appréhender l'intensité et les effets des perturbations anthropique qui s'appliquent sur une station.

Pour cela, deux activités suivantes sont réalisables :

- **Bon état écologique**, qui permet de découvrir comment on établit qu'un cours d'eau est en « bon état » ;
- **La diversité spécifique, l'assurance de la fonctionnalité**, qui permet d'en savoir plus sur le lien entre espèces, perturbation et fonction écosystémique.

COMMENT ÇA MARCHE ?

OBSERVATIONS

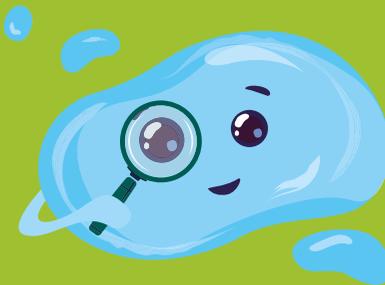
Que voit-on ?

Les perturbations d'origine anthropique ont **une influence sur les communautés de macro-invertébrés**.

Certains groupes (comme les Éphémères, Trichoptères et Plécoptères) vont être très sensibles aux perturbations, alors que d'autres, comme les Diptères, vont l'être beaucoup moins.

En regardant dans une station les macro-invertébrés présents, il est possible de comparer avec **une station « dite » de référence**. Cela permet d'appréhender à quel point **l'influence des activités humaines est forte sur le milieu**.

Cela permet aussi de constater **la grande diversité spécifique dans les cours d'eau**.



EXPLICATIONS

Il est possible d'étudier les communautés de plusieurs façons différentes.

- **En comptant le nombre d'espèces** (ou de taxon, selon le niveau de détermination choisi, voir la fiche détermination) total ou par groupe (par exemple le nombre d'espèce de trichoptères). Il s'agit de la richesse dite **richesse spécifique** ;
- **En comptant le nombre d'individus** total ou par groupe (voir même par espèce). Il s'agit de **l'abondance**.

Ces deux paramètres sont centraux en écologie et sont couramment étudiés. **De nombreux facteurs peuvent faire varier la richesse et l'abondance, comme la température, la disponibilité en ressources, l'introduction d'espèces...**

Ces deux paramètres sont aussi étudiés séparément et de façon concomitante. Si les mesures de la richesse et de l'abondance donnent déjà des informations sur la structure des communautés, associer les deux donne des informations supplémentaires.

Dans cette activité, il est possible de voir que :

- **La perturbation « Matière organique »** ne va pas avoir d'effet sur la richesse, mais va en avoir sur **l'abondance** en favorisant les Diptères, moins polluo-sensibles, au détriment des Éphémères – Plécoptère – Trichoptères ;
- **Les perturbations « Biocide » et « Morphologie »** vont avoir un effet sur **l'abondance** et sur **la richesse**, en provoquant une chute à la fois du nombre d'espèces et d'individus, mais pas de la même façon.

- **La perturbation « Biocides »** va provoquer une chute des **effectifs** et de **la diversité** de tous les groupes avec un effet moindre sur les Diptères, plus polluo-resistants. Cela va traduire **l'effet toxique direct sur les individus** ;
- **La perturbation « Morphologie »** va provoquer aussi une chute des **effectifs** et de **la diversité** de tous les groupes avec un effet moindre sur les Éphémères – Plécoptère – Trichoptères cette fois. Ce résultat va plutôt traduire **la disparition des habitats** dans le milieu et donc **la capacité de celui-ci à accueillir des communautés variées et abondantes**.



PLUS D'EXPLICATIONS

C'est en se basant sur ce constat que les scientifiques ont bâti des indices biologiques. Ils répondent à des normes (cahier des charges précis) et permettent de comparer les résultats en minimisant au maximum les effets liés à la personne qui réalise l'observation, à l'hydroécocorégion, etc. Les différents indices permettent d'appréhender le « bon état écologique » des eaux de surface.

Ces indices ne permettent toutefois que de faire **un diagnostic de l'état de dégradation de la biodiversité des milieux aquatiques**, en mesurant les effets à relativement long terme de pressions chroniques. Ils permettent, par l'ampleur des effets sur l'abondance et la richesse, de quantifier l'intensité de cette pression.

Par le maillage territorial, ils permettent d'identifier approximativement la localisation de cette pression.

Cependant, **d'autres outils sont nécessaires pour parvenir à anticiper, ou tout du moins à agir précocement, dès que les premiers effets d'une perturbation sont mesurables**. Pour cela, des indicateurs à l'échelle moléculaire (expression des gènes) ou physiologique (modification de la reproduction par exemple) sont en cours de développement.

Les différents groupes utilisés sont les suivants :

- Les **diatomées** (algues qui présentent une enveloppe externe en silice (sable), avec **l'indice IBD20076** ;
- Les **macrophytes** (plantes aquatiques visibles à l'œil nue), avec **l'indice IBMR7** ;
- Les **poissons**, avec **l'indice IPR+8** ;
- Les **macro-invertébrés**, avec **l'indice I2M29**.

Ces différents indices servent en routine et sont utilisés dans toute l'Europe.

NOTES

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

les petits débrouillards



Établissement public du ministère
chargé du développement durable

SOURCES ET RESSOURCES (des liens pour comprendre) :

pascal-francis.inist.fr : Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques

Eau Maine et Loire : Les indicateurs de qualité - indices biologiques

Eau France : Règles d'évaluation de l'état des eaux + Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques (PDF) + Part des masses d'eau cours d'eau au moins en bon état écologique en 2015

Wikipedia : Indice biologique diatomées +
Indice macrophytes

hydrobio-dce.inrae.fr/cours-deau/poissons/

Aquabio conseil : L'Indice Invertébrés Multi-Métrique (I2M2)



*Cette fiche est réalisée dans le cadre d'un partenariat
avec l'Agence de l'Eau Loire - Bretagne.*