

## Indices écologiques et Biomonitoring environnemental

La réalisation du monitoring de l'environnement en écotoxicologie à partir d'une ou de quelques espèces prises comme bio-indicateurs de pollution constitue une méthode simple à mettre en œuvre pour évaluer la qualité des milieux naturels exposés ou non à tel ou tel type de polluant.

Cependant cette méthode présente un ensemble de limitations. En particulier:

**\*1\*** Elle ne donne pas de renseignements précis sur l'état de la structure des écosystèmes contaminés.

**\*2\*** De plus, sa précision est réduite car il n'existe aucun bio-indicateur universel: même des espèces produisant des réponses similaires à un type de contaminants présenteront des différences quant à telle ou telle caractéristique écophysiologique, de sorte qu'il n'existe aucun bio-indicateur universel de pollution.

**\*3\*** En outre un grand nombre d'espèces doit être testé afin de détecter leur aptitude à déceler telle ou telle classe de polluant si l'on souhaite disposer de bioindicateurs spécifiques.

**\*4\*** Enfin, comme le but ultime du monitoring est d'établir l'état de dégradation d'un écosystème exposé à une pollution déterminée, ce n'est pas une seule espèce ou quelques espèces choisies arbitrairement qui permettront de connaître l'état exact de la structure de la biocénose contaminée mais bien un échantillonnage total de la communauté.

### **La richesse spécifique:**

#### **I-1- Définition:**

*La richesse spécifique (S) est la forme la plus simple de mesurer la biodiversité, puisqu'il est uniquement basé sur le nombre d'espèces présentes, sans prendre en compte la valeur d'importance en nombre*

La richesse spécifique noté ' **S'** ou «**r**» correspond au nombre d'espèces différentes présentes dans un peuplement ou une zone considérée. Elle peut s'exprimer en richesse totale ou moyenne :

- **La richesse totale** correspond au nombre total d'espèces présentes dans un biotope ou une station donnée.
- **La richesse moyenne** correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans les échantillons d'un peuplement étudié. C'est le nombre moyen d'espèces ( $S_m$ ) présent par échantillon (Ramade, 2008). Elle est calculée par le rapport entre le nombre total d'espèces recensées lors de chaque relevé sur le nombre total de relevés réalisés
- *La richesse moyenne apporte des informations intéressantes sur l'homogénéité (ou l'hétérogénéité) de la distribution spatiale des espèces constituant le peuplement étudié (Ramade, 2008).*

### Types de richesse spécifique

Il y a trois types de richesse spécifique:

- La richesse **alpha** correspond au nombre d'espèces coexistantes dans un habitat uniforme de taille fixe.
- La richesse **bêta** correspond au taux de remplacement des espèces dans une zone géographique donnée.
- La richesse **gamma** correspond au taux d'addition d'espèces quand on échantillonne le même habitat à différents lieux.

### Inconvénients

Evaluation de la richesse spécifique c'est une étape préalable à toute étude de la structure de la biocénose.

- Mais elle présente cependant l'inconvénient d'être fortement dépendante de la taille des échantillons (le nombre d'espèces échantillonnées augmentant avec la surface échantillonnée) et du type d'habitat (la richesse spécifique varie en fonction du type de substrat, de la profondeur, de la salinité...).
- Elle ne renseigne pas sur l'abondance relative des espèces qui la composent, c'est-à-dire sur le degré d'équitabilité, la valeur maximale de cette dernière étant relevée dans le cas où toutes les espèces sont représentées par le même nombre d'individus dans l'échantillon.

- La connaissance de la richesse spécifique ne donnera qu'une idée approximative de l'état d'une communauté (notion d'abondance relative et non du degré d'équitabilité).
- Elle donne le même poids aux espèces.
- Cet indice de biodiversité reste non affecté si une espèce en remplace une autre ou si une espèce peu commune disparaître.
- Les variations de cet indice de diversité est selon le degré de sensibilité de chaque espèce aux polluants.

## **II-Les indices de diversité :**

Les indices de diversité sont des indices mathématiques qui constituent les indices de la diversité spécifique. Ils tiennent compte à la fois du nombre d'espèces présentes et de l'abondance de celles-ci. Ces indices nécessitent cependant de répondre à une condition : les relations fonctionnelles entre le nombre d'espèces prévues et le nombre d'individus dans l'échantillon doivent être connues et constantes. Cette condition est rarement remplie en écologie, et le meilleur indice reste la moyenne du nombre d'espèces inventoriées au sein des échantillons.

### **1-L'indice de Shannon :**

L'indice de diversité de (Shannon, 1948 ; Shannon et Weaver, 1963) ( $H'$ ): est la quantité d'information apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces.

Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude et donc d'observer une évolution au cours du temps. Sa formule est la suivante :

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

$H = H'$  : 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 (les individus de toutes les espèces).

Il est possible de choisir arbitrairement la base du logarithme et on trouve donc souvent dans la littérature scientifique  $\log$  ou  $\log$  de base 2 à la place de  $\ln$ . Cet indice varie toujours de 0 à  $\ln S$  (ou  $\log S$  ou  $\log_2 S$ , selon le choix de la base du logarithme)

*(Varie entre 0 à 4.5 ou 5 bits/individus)*

*Les valeurs les plus faibles sont associées à des peuplements dominés par une ou quelques espèces.*

L'indice de Shannon est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares.

Il s'exprime en **Bit** (*Binary digit unit*)

- **Jusqu'à présent, l'indice de diversité qui a été le plus utilisé en écotoxicologie est incontestablement celui de *Shannon-Wieaver*.**
- ***Une valeur élevée de l'indice de diversité de Shannon-Weaver ( $H'$ ) indique un écosystème plus sain, alors qu'une valeur faible indique un écosystème dégradé***
- Dans un stade initial, à doses *sublétales*, quelques espèces dominantes plus pollusensibles vont décroître en abondance.

## 2. L'indice d'équitabilité (IE).

*Indices d'équitabilité de Pielou (1966)*

L'indice d'Équitabilité de Piélou traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum théorique (Blondel, 1979).

Il se calcul par :

$$R = H/H'_{\max} = H/\ln(S).$$

**H** = indice de Shannon,  $H'_{\max}$  = la diversité maximale ou l'équifréquence (Frontier *et al.*, 1995) ; **S**= Richesse spécifique et **R**=Équitabilité de Piélou comprise entre 0 et 1.

- Cette notion d'équitabilité est intégrée dans le concept d'indice biotique qui associe le nombre des espèces présentes (richesse spécifique) et leur abondance relative dans un peuplement ou une communauté donnée.

## 3-L'indice de Simpson :

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce (Simpson 1949). Il est défini par la formule suivante:

$$D = \sum_{i=1}^S \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$$

Où :  $N_i$  correspond au nombre d'individus d'une espèce donnée,  $i$  allant de 1 à  $S$  (nombre total d'espèces) et  $N$  au nombre total d'individus.

- Cet indice aura une valeur 0 pour indiquer le maximum de diversité (*lorsque la probabilité est faible que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce*).
- Une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité (*lorsque la probabilité est forte que tous les individus appartiennent à la même espèce*).
- L'indice de Simpson est sensible aux variations d'importance des espèces les plus abondantes.

- *Il est préférable de présenter cet indice par  $(1-D)$  et le max de diversité étant représenté par la valeur 1, et le min de diversité par la valeur 0 (Schlaepfer et Butler, 2002)*
- Les changements de valeur des indices de diversité constituent seulement des descripteurs valables de l'état des communautés pendant des phases de sévère pollution.
- À l'opposé, dans des écosystèmes modérément pollués, les modifications de dominance affectent fortement *l'équitabilité*, réduisant d'autant la validité de l'usage de tels indices pour distinguer des communautés dégradées de celles en état normal.