

## Mesures de la biodiversité

Pour décrire la diversité spécifique d'une communauté ou d'un peuplement, plusieurs indices mathématiques ont été mis au point. Les plus utilisés sont ceux de Simpson de Gleason et de Shannon-weaver (Barbault, 1990 ; Frontier et Pichad - Viale, 1993).

Les mesures de diversité prennent classiquement en compte deux facteurs ; **la richesse spécifique** qui exprime d'une manière générale le nombre total des espèces qui comporte un peuplement, un écosystème, une biocénose et **l'abondance- dominance** qui, selon Ozenda (1982) ; l'abondance est la proportion relative des individus d'une espèce donnée et la dominance de la surface couverte par cette espèce.

Richesse spécifique, diversité et équitabilité sont devenues dans la pratique des écologistes des indices descriptives utilisés pour comparer différents peuplements ou différents états (variation dans le temps) d'un peuplement (Barbault, 1990).

« Il est apparu qu'au-delà des listes d'espèces on pouvait caractériser les assemblages par leur diversité et les classer. Indépendamment de leur contenu précis, les associations se rangent le long d'un gradient allant des peuplements comprenant une seule espèce abondante et quelques rares accompagnantes, aux associations très diversifiées comprenant de nombreuses espèces à peu près également représentées, en plus de nombreuses rares. » (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1993).

Mesurer la diversité qui exprime le degré de complexité d'un écosystème, c'est tenir compte de la richesse spécifique (nombre total de taxons), et de l'équitabilité ou régularité c'est à dire la façon dont se répartissent les espèces du point de vue de l'abondance, car la diversité selon la définition de DAGET (1976) et de [MARGALEF (1968) et RAMADE (1981), diffère de celle de richesse dans la mesure où elle tient compte en plus du nombre de taxons, de la fréquence ou probabilité de chacune d'elles.

Pour (FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1993), la diversité des éléments d'une communauté est une qualité qui s'impose d'emblée à l'analyse. En fait la notion recouvre deux aspects :

- Diversité spécifique (nombre d'espèces) ou diversité générique (nombre de genres).
- Équitabilité (régularité), c'est la façon dont se répartissent les individus dans un espace donné.

## **I. Mesure de biodiversité alpha :**

Elle correspond à la diversité spécifique d'un habitat donné à un temps donné, c'est la mesure la plus simple de la biodiversité.

### **I.1. Richesse spécifique:**

La richesse spécifique donne une information sur le nombre d'espèces inventoriées sur un site. La richesse spécifique totale est le nombre d'espèces faunistiques ou floristiques présentes dans l'espace considéré; la richesse spécifique moyenne est le nombre moyen d'espèces présentes dans les différents échantillons prélevés.

Elle est liée à la qualité du territoire mais aussi à sa superficie et sa situation géographique (notion de connectivité).

### **Abondance :**

En écologie, l'abondance d'une espèce est le nombre total d'individus de cette espèce ou le nombre d'individus par unité d'espace. La seconde définition réfère à la densité de la population de l'organisme.

Les organismes sont généralement plus abondants là où les conditions sont plus favorables pour eux même si l'abondance est avant tout liée à la capacité de survie et de reproduction des organismes. Les orchidées par exemples peuvent se retrouver dans un écosystème auquel elles sont tout à fait adaptée, pour autant, elles ne seront jamais les plus abondantes (par exemple aussi abondantes que les graminées) du fait de leur biologie, de leur mode de reproduction.

### **L'abondance relative:**

L'abondance relative d'une espèce compare le nombre d'individus de l'espèce et le nombre total d'individus.

## I.2. Les Indices de diversité et l'équitabilité :

Divers indices permettent d'évaluer la diversité d'un habitat à partir de ces données simples. Parmi les plus utilisés, on trouve *l'indice de Simpson* et *l'indice de Shannon Wiener*.

Ces deux indices issus d'un calcul de probabilité prennent en compte le nombre d'espèces (richesse spécifique) et l'abondance relative des espèces. Ils s'accompagnent souvent d'un indice d'équitabilité qui varie entre 0 et 1. Plus l'équitabilité est proche de 1, plus les espèces sont équi-réparties, c'est-à-dire qu'elles présentent un nombre d'individus équivalent et qu'aucune d'elles n'est dominante par rapport à l'autre. En effet, il se peut qu'un grand nombre d'espèces soit inventorié (i.e. une grande richesse spécifique) mais qu'une espèce domine les autres en nombre d'individus.

Un habitat diversifié devrait tendre vers une grande richesse spécifique et une bonne équirépartition

### I.2.1. Indice de diversité spécifique de Shannon [H'] :

Les indices de Shannon et de Simpson permettent de calculer le niveau de diversité d'espèces dans un milieu donné.

C'est un indice de diversité, indépendant d'une hypothèse de distribution, selon FRONTIER & PICHOD-VIALE (1993), cet indice « mesure précisément la quantité moyenne d'information donnée par l'indication de l'espèce d'un individu de la collection - moyenne calculée sur la collection, à partir des proportions d'espèces que l'on y a observées ».

Il est calculé à partir des (Csi) généralement mesurées par le biais des lignes, ou par le recouvrement relatif à partir des coefficients d'abondance dominance.

**L'indice de Shannon** est un indice permettant de mesurer la biodiversité. L'appellation *Shannon-Wiener* est incorrecte. Claude Elwood Shannon et Norbert Wiener sont indépendamment à l'origine de cet indice<sup>1</sup>, qui est fondé sur la notion d'entropie (entropie de Shannon).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

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

En pratique :  $p$  = fréquence relative ou contribution spécifique (Csi)

Il est possible de choisir arbitrairement la base du logarithme<sup>2</sup> et on trouve donc souvent dans la littérature scientifique log ou log de base 2 à la place de ln.

Cet indice s'exprime en bits par individus (bit / indiv)

Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude<sup>3</sup> et donc d'observer une évolution au cours du temps. Cet indice varie toujours de 0 à ln  $S$  (ou log  $S$  ou log<sub>2</sub>  $S$ , selon le choix de la base du logarithme)

Cet indice est l'un des plus connus et des plus utilisés par les spécialistes.

- **La fréquence spécifique (Fsi) :**

La fréquence spécifique exprime la probabilité de présence d'une espèce ( $i$ ) dans l'unité échantillonnée. Elle est égale au rapport exprimé en pour-cent du nombre de fois ( $n_i$ ) où l'espèce ( $i$ ) a été recensée le long de la ligne au nombre totale de points de lecture ( $N$ ).

$$Fsi (\%) = n_i/N \times 100$$

où  $\sum Fsi = RGV$  (recouvrement global de la végétation).

- $N$  : Nombre de point de lecture .
- $n_i$  : Nombre de point où l'espèce ( $i$ ) a été notée sur le formulaire.







- **La contribution spécifique (Csi) :**

La contribution spécifique se définit comme le rapport de la fréquence spécifique d'une espèce à la somme des fréquences spécifiques de toutes les espèces recensées (DAGET & POISSONNET, 1971).

Dans les formations ouvertes des zones arides, les espèces qui constituent le tapis végétal peuvent être dispersées et le recouvrement est faible (<50%). Pour avoir une idée plus précise de l'état du tapis végétal. Il est nécessaire de pondérer les contributions spécifiques par le recouvrement global de la végétation réel de l'espèce (i) au tapis végétal (AIDOUD, 1983). Quand chaque point de végétation ne comporte qu'une seule espèce,  $Csi = Fsi$ .

$$Csi (\%) = (Fsi / \sum Fsi) \times 100.$$

Les  $n_i$  peuvent être calculés à partir de l'échelle d'abondance-dominance suivante :

R et +		0.1
1		5
2		17.5
3		37.5
4		62.5
5		87.5

**Remarque :** Pour le calcul de l'indice de Shannon, il faut toujours prendre les  $Fsi$  et  $CSi$  sans les multiplier par 100. Ainsi la  $\sum CSi$  doit être égale à 1 et non pas à 100.

**Exemple :**

Supposons qu'un groupement est formé de 5 relevés renfermant 11 espèces, pour chaque espèce nous avons sa contribution spécifique (Csi) au tapis végétal.

Espèces	CSi	Log2 CSi	Csi log2 CSi	H' (bit / indv)
Aegilops triuncialis	0.01	-6.64	-0.06	0.06
Alyssum scutigerum	0.01	-6.64	-0.06	0.06
Anacyclus clavatus	0.04	-4.64	-0.18	0.18
Atractylis prolifera	0.02	-5.64	-0.11	0.11
Centaurea parviflora	0.15	-2.73	-0.41	0.41
Diploaxis harra	0.06	-4.06	-0.24	0.24
Helianthemum virgatum	0.05	-4.32	-0.21	0.21
Leontodon hispanicus	0.04	-4.64	-0.18	0.18
Medicago litoralis	0.15	-2.73	-0.41	0.41
Stipa tenacissima	0.4	-1.32	-0.52	0.52
Xeranthemum inapertum	0.07	-3.83	-0.27	0.27
total	1			2.65 (bit / indv)

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

$$H' = -(-0.06-0.06-0.18-0.11-0.41-0.24-0.21-0.18-0.41-0.52-0.27)$$

$$H' = 2.65 \text{ (bit/indv)} \quad S=11 \quad \text{Log}_2 S = \text{Log}_2 11 = 3.46$$

### I.2.2. Indice de Simpson :

L'indice de Simpson est une formule permettant de calculer une probabilité, soit la probabilité que deux individus sélectionnés aléatoirement dans un milieu donné soient de la même espèce.

$$D = \sum Ni(Ni-1)/N(N-1)$$

D : Indice de Simpson

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

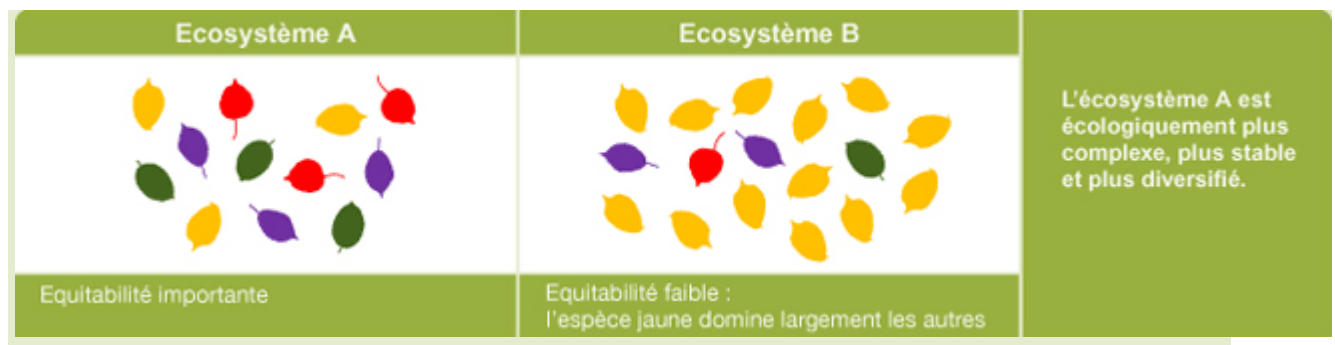
N : nombre total d'individus.

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.

### I.2.3. Equitabilité (régularité) [E]:

#### Importance de l'équitabilité pour l'évaluation de la diversité d'un écosystème :

Soit deux écosystèmes dont on souhaite comparer la diversité floristique, sachant que les deux écosystèmes ont une richesse spécifique de 4. Chaque symbole représente un individu, les espèces sont différenciées en fonction de la couleur.



L'évaluation de la diversité spécifique d'un échantillon est généralement complétée par un indice d'équitabilité (E). Celle-ci représente le rapport entre la diversité spécifique de Shannon maximale théorique et le logarithme de richesse spécifique de l'échantillon.

L'équitabilité (E) varie entre [0 et 1] (LIYOD et GHERALDI, 1964 *in* LEGENDRE & LEGENDRE, 1984) :

- E tend vers 1 quand la communauté est en équilibre (la répartition des individus entre les espèces est équitable).
- E tend vers 0 lorsque la communauté est en état de stress ou juvénile (une seule espèce domine la communauté).

### **Indice de d'équitabilité de Piélou(E)**

L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité (E) de Piélou (1966), appelé également indice d'équirépartition (Blondel, 1979) qui représente le rapport entre la diversité spécifique de Shannon maximal théorique et le logarithme de richesse spécifique. La formule de cet indice est la suivante :

$$E = H' / \log_2 S$$

Cet indice peut varier de 0 à 1 : il tend vers le 0 lorsque la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce ; elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. (Barbault, 1992).

## **II. Mesure de biodiversité bêta.**

La **diversité bêta** (diversité- $\beta$ ) est une mesure de la biodiversité qui consiste à comparer la diversité des espèces entre écosystèmes ou le long de gradients environnementaux. Cela suppose de comparer le nombre de taxons qui sont uniques à chacun des écosystèmes.

C'est le taux de variation en composition d'espèces dans l'ensemble des habitats ou parmi des communautés. Cela donne une mesure quantitative de la diversité des communautés des environnements changeants

Cette diversité est souvent mesurée par les indices de similitude (Sorenson, Whitaker...)

### **II.1. Indice de similitude de Sørensen**

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

Où,  $S_1$ = le nombre total d'espèces enregistrées dans la première communauté,  $S_2$ = le nombre total d'espèces enregistrées dans la deuxième communauté, et  $c$ = le nombre d'espèces communes aux deux communautés.



L'indice de Sørensen est une mesure très simple de la biodiversité bêta, variant de 0 quand il n'y a pas d'espèces communes entre les deux communautés, à la valeur 1 lorsque les mêmes espèces existent dans les deux communautés.

- **Mesure Whittaker**

$$\beta = \frac{S}{\bar{\alpha}} \text{ or } \beta = \frac{S}{\bar{\alpha}} - 1$$

Où, S= le nombre total d'espèces enregistrées dans les deux communautés,  $\bar{\alpha}$ =moyenne du nombre d'espèces trouvées au sein des communautés

## Applications

1. Dans une formation végétale nous avons recensé les espèces suivantes.

(Les relevés sont effectués sur 2 lignes perpendiculaires de 10m et avec 200 lectures)

- Remplissez le tableau.

Espèce	Fréquence absolue	FSI	CSI
<i>Pinus halepensis</i>	83		
<i>Quercus ilex</i>	15		
<i>Juniperus phoenicea</i>	22		
<i>Stipa tenacissima</i>	20		
<i>Helianthemum cinereum</i>	5		
<i>Brachipodium distachium</i>	2		
<i>Minuartia montana</i>	1		
<i>Bromus rubens</i>	8		
<i>Paronychia argentea</i>	2		
<i>Xeranthemum inapertum</i>	7		
<i>Medicago laciniata</i>	2		
<i>Dactylis glomerata</i>	3		
<i>Herniaria fontanesii</i>	2		
<i>Centaurea parviflora</i>	3		
<b>Eléments de la surface du sol</b>	<b>45</b>		

- Calculez l'indice de Shannon de cette formation. (en montrant le calcul de chaque étape)
- Calculez l'indice d'équitabilité E.
- Commentez les résultats.