

## CHAPITRE II. ECHANTILLONNAGE ECOLOGIQUE

Gounot (1969) montre que le **plan d'échantillonnage** doit tenir compte de **4 éléments** fondamentaux :

- (1) Dégager le **modèle théorique** de la distribution des individus (statistiques)
- (2) Définir la mesure appropriée (poids, densité, fréquences..)
- (3) Choisir le **plan d'échantillonnage** (subjectif, systématique...)
- (4) Procéder à l'**interprétation statistique**

Il est **rare** que le chercheur ait à **étudier l'ensemble** de la **population** car celle-ci est souvent très grande et dépasse de loin ses capacités d'investigation.

L'**expérimentateur** se bornera à choisir des **zones homogènes** et **représentatives** sur lesquelles il effectuera des mesures qu'il pourra ensuite transposer, inférer ou généraliser à l'ensemble de la **population**. C'est le principe même de la statistique inductive ou inférentielle basée sur l'échantillonnage.

La mise en place d'un plan d'échantillonnage est conditionnée par un ensemble de choix préalables :

- le choix des variables à étudier,
- le choix des échelles d'observation et du découpage de l'objet,
- le choix des méthodes de traitement ultérieur des données recueillies.

Un échantillonnage est conçu en fonction des objectifs fixés.

Gounot (1969) donne l'exemple d'un **champ de betterave** où les pieds sont **régulièrement** espacés.

*C'est le modèle uniforme rarement observé dans la nature.*

### Exemples :

- ❖ Décrire un cycle de développement annuel à partir de sorties hebdomadaires ou mensuelles.
- ❖ Répartition de la biomasse dans l'espace et le temps.
- ❖ Inventaire exhaustif ou non des espèces.

(Dans ce cas précis, il était simple à **partir** d'un **échantillon** à la superficie connue, **connaissant** le modèle de distribution théorique (ici uniforme) d'en **inférer** les résultats à un **ensemble plus grand** par exemple un hectare).

## I. Descripteurs écologiques et variables échantillonnées.

### a. Classification des descripteurs.

Les variables prises en considération pour décrire la structure ou le fonctionnement d'un écosystème sont nombreuses. Les principaux descripteurs sont :

#### a.1. Descripteurs qualitatifs.

Ils sont définis sans assignation d'une mesure et correspondent à une échelle nominale.

### Exemples :

- Les différents taxons constituant un peuplement.
- La spéciation des différents génotypes d'une population ou des sexes.
- Les types faunistiques ou floristiques.
- Les types climatiques, hydroclimatiques, géologiques, etc.

### Remarque

- Pour des raisons théoriques ou de commodité, on peut classer certains descripteurs qualitatifs **selon leur séquence** (état de la végétation par exemple).
- Pour des besoins de traitement des données, des descripteurs distincts sont codés **selon une numérotation**.

#### a.2. Descripteurs quantitatifs.

Ils sont définis comme des quantités véritables. Par exemple, les descripteurs utilisés en écologie et qui mesurent les abondances, les masses, les fréquences, les quantités d'énergie, les longueurs d'onde, les flux, les taux, etc.

Deux notions fondamentales se rattachent à la mesure d'un descripteur quantitatif : la métrique et l'échelle de mesure. L'échelle de mesure est le choix d'une unité de mesure. On passe d'une échelle à une autre par transformation linéaire. Un changement de métrique se définit comme un changement dans la façon de mesurer.

### Exemple :

Quand on exprime des abondances d'organismes sous forme d'effectifs dénombrés par unité de volume, de milieu, ou sous forme des logarithmes de ces effectifs, on emploie deux métriques différentes.

➤ X et Y sont des abondances. On peut exprimer leur rapport en utilisant une métrique arithmétique ( $Y/X = 2$ ) ou une métrique logarithmique ( $\text{Log } Y/\text{Log } X = 2$ ).

#### a.3. Descripteurs ordinaux ou semi – quantitatifs.

Ils sont définis par l'existence d'une relation d'ordre (plus petite ou plus grande, antérieure ou postérieure, ect.).

### Exemples :

- ❖ Les stades de développement d'une espèce.
- ❖ Pour un organisme à croissance continue, un ensemble de classes d'âge ou de taille.
- ❖ Les stades de succession d'un peuplement naturel le long d'un gradient spatio-temporel.
- ❖ Les qualifications habituelles de dominance.
- ❖ Les cotations d'abondance non fondées sur une métrique (sp. très rare, rares, abondantes, très abondantes, etc.).

A cette catégorie se rattachent un grand nombre d'indices, tels que les indices de diversité de Shannon et de Margalef.

#### a.4. Descripteurs complexes ou synthétiques.

Un descripteur complexe rend compte de plusieurs observations simples. Il synthétise ou résume l'ensemble des observations. Les descripteurs complexes se présentent sous forme de paramètres caractérisant le descripteur complexe :

- moyenne et variance d'une distribution,
- calcul à partir d'un ensemble d'espèces (chacune caractérisée par son abondance relative en une station) un indice de diversité,
- établissement de la loi de décroissance des abondances des espèces rangées de la plus abondante à la plus rare.

#### a.5. Descripteurs biométriques et démographiques.

Ils sont nécessaires pour l'étude de l'évolution des populations. Ils sont écologiques étant donné qu'ils sont observés dans un cadre spatio-temporel.

#### a.6. Descripteurs structuraux.

Par exemple, on peut étudier dans des peuplements pluri-spécifiques, des structures liées à la répartition de la biomasse en espèces distinctes (distribution des individus par espèce, diversité spécifique), des structures trophiques, etc.

La structure trophique est décrite par les biomasses relatives des producteurs primaires et secondaires et des décomposeurs.

On peut décrire aussi les relations mutuelles entre organismes : stratification de la végétation, successions de végétation, etc.

#### a.7. Descripteurs systémiques

Ils sont utilisés pour étudier le fonctionnement d'un écosystème.

### Exemples :

- ❖ Mesure de la production primaire, de la production secondaire ou tertiaire.
- ❖ Mesure du taux de respiration ou de photosynthèse.

## II. Echelles d'observation.

Pour un problème donné, après avoir choisi les descripteurs, il faut choisir les échelles d'observation.

Les écosystèmes sont structurés dans l'espace et dans le temps et donc l'écologue doit connaître ou choisir son échelle spatio-temporelle pour pouvoir réaliser son étude ou son expérimentation. L'écologue qui envisage par exemple d'étudier une forêt ou une région sur un mois, une année ou plusieurs.

### a. Choix pratique des échelles d'observation.

Pour le choix des échelles d'observation, il est intéressant de procéder à une analyse préalable du système.

Par exemple, on étudiera :

- ❖ La répartition des mauvaises herbes sur un champ de culture.
- ❖ La répartition des fourmilières sur un transect de forêt, etc.
- ❖ La relation sol-végétation au niveau d'un massif forestier.
- ❖ Etat de la végétation du Nord au Sud d'une région donnée.

D'un point de vue pratique, la définition d'une échelle d'observation comporte deux éléments distincts : l'amplitude du domaine échantillonné et la densité des observations sur ce domaine. Ceci étant, pour chaque plan d'échantillonnage, on doit définir deux échelles :

- ❖ l'une définissant la taille de l'objet analysé.
- ❖ l'autre échelle représente les variations observées à l'intérieur de l'objet.

**Exemple :**

- ❖ On étudiera un cycle annuel au moyen d'échantillonnages mensuels, hebdomadaires ou journaliers.
- ❖ On étudiera le sol d'une forêt par des prélèvements tous les kilomètres, tous les dix mètres, etc.

**III. Les types d'échantillonnages.**

Les types d'échantillonnages employés en écologie sont variés, les plus utilisés sont ceux décrits ci-dessous.

En Biostatistique, les termes qui suivent sont souvent employés. Il s'agit de :

- L'élément ou unité d'échantillonnage est une entité concrète (comme un individu, un sujet, un objet, etc.) ou abstraite (comme un point dans l'espace et le temps sur lequel on mesure la variable étudiée).
- Un échantillon est une collection d'éléments prélevés dans la population statistique.
- Un plan d'échantillonnage est un protocole de sélection des éléments de la population statistique.
- Une population statistique est une collection d'éléments, de laquelle on extrait un échantillon représentatif.
- Une population cible est une entité généralement composite. Exemple : une population biologique.
- Un estimateur est une expression mathématique qui mesure, à partir des données de l'échantillon, un paramètre de la population statistique.

**I/ Échantillonnage non probabiliste**

**1. Échantillonnage subjectif ou complet**

- Le principe de base est de prospector la zone d'étude, et d'y recenser les principales unités végétales.
- A l'intérieur de chaque unité ainsi définie, il sera effectué un relevé choisi sur des critères d'homogénéité et de représentativité.
- par exemple le cas du cyprès du Tassili (*Cupressus dupreziana*) où il ne reste plus environ que **250** exemplaires.

**II/ Échantillonnage probabiliste**

**1. Échantillonnage aléatoire**

- **Définition :** L'échantillonnage aléatoire simple est une méthode qui consiste à prélever au hasard et de façon indépendante n unités d'échantillonnage d'une population de N éléments. Chaque élément de la population possède la même probabilité de faire partie d'un échantillon de n unités.
- **Méthodes de sélection des unités d'échantillonnage.**  
Pour le prélèvement d'un échantillon, il faut :

- dresser la liste complète et sans répétition des éléments de la population,
- les numéroter de 1 à N,
- Procéder à l'aide d'une table de nombres aléatoires, au tirage au sort de n unités différentes.

**Remarque :**

- Ces méthodes de sélection et de prélèvement sont faciles, si la population n'est pas trop grande et si les éléments sont facilement identifiables et repérables.
- Dans beaucoup de cas, l'E.A.S devient difficile voire impossible. Par exemple, l'échantillonnage des animaux et des plantes devient difficile vu leur abondance, leur mobilité, leur dispersion, etc. (ne peuvent être énumérés).

**2. Échantillonnage systématique**

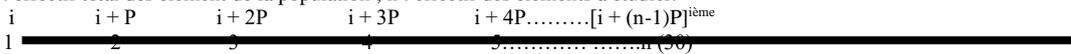
**b.1. Définition.**

L'échantillonnage systématique est une technique qui consiste à tirer au hasard un  $i^{ème}$  élément, situé entre le premier et le  $P^{ième}$  de la population, puis de prélever systématiquement le  $(i + P)^{ième}$ ,  $(i + 2P)^{ième}$ ,  $(i + 3P)^{ième}$ , .....,  $(i + (n - 1) P)^{ième}$  élément de la population.

Ce plan d'échantillonnage consiste à :

- choisir l'effectif n de l'échantillon.
- de calculer la raison ou la période p ( $p = N / n$ ).
- de tirer au hasard un  $i^{ème}$  élément que l'on considérera comme le premier.
- de prélever un élément toutes les p unités.

N : effectif total des éléments de la population ; n : effectif des éléments à étudier.



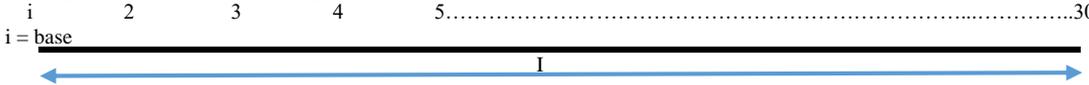
**Remarque :**

Lorsque l'effectif N est inconnu et qu'il s'avère difficile d'en estimer un ordre de grandeur, il n'est plus possible de choisir l'effectif n de l'échantillon car la valeur de p est fixée arbitrairement.

L'échantillonnage systématique est employé généralement pour l'étude de la répartition de la végétation le long d'un transect (par la méthode des relevés).

A partir du nombre de relevés projeté (n) et l'intervalle de distance (I) à étudier, on définit la période p qui est égale à  $I / n$ .

Du début de l'intervalle (I), on choisit alors aléatoirement un point i qui servira de base à la progression arithmétique. Il suffit par la suite de partir du point i et de séparer les relevés d'un écart égal à p. n = 30 relevés (p)



Si l'on veut par exemple étudier une végétation sur une surface donnée à l'aide de relevés, on peut calculer la période p de la manière suivante :

$P = \sqrt{\text{surface étudiée} / n}$       n = nombre de relevés projetés pour l'étude.

Le même principe pour répartir des points de prélèvement dans un volume (lac par exemple).

$P = \sqrt[3]{\text{volume étudié} / n}$ .

- L'échantillonnage systématique s'impose quand les éléments de la population se présentent naturellement les uns à la suite des autres.
- Ce plan est recommandé pour répartir spatialement des stations d'échantillonnage ponctuelles ou des itinéraires-échantillons, ou pour répartir dans le temps des relevés d'observations.

Les échantillons peuvent se présenter sous forme de placettes qui peuvent être **des surfaces**, de **relevés** le long de **lignes** ou de **points** (Poissonnet, 1969 ; Daget et al., 1970).

**A. Les surfaces :**

- se présentent le plus souvent sous forme de carrés et rectangles, plus rarement de cercles.
- Selon Hardy et al. (1977), les rectangles ou les longues bandes minces seraient plus représentatifs du milieu qu'un carré.
- Gounot (1969), au contraire le cercle serait a priori la forme la plus intéressante car présentant l'effet de bordure le plus faible.
- en écologie tant végétale qu'animale ; c'est le carré qui est le plus souvent utilisé, car le thématicien peut diviser la placette en un carroyage et donc en format matriciel plus facile à gérer.

Selon les variables observées. Nous distinguons plusieurs **méthodes** ou le point de mesure est une surface :

**1. Méthode des poignées :**

Se caractérise par une **intensité d'échantillonnage élevée** avec la prise de poignées (25 ou plus) le long d'un transect.

Pour chaque poignée, une note d'abondance est donnée subjectivement aux espèces qui semblent le plus contribuer au couvert végétal.

I/ Échantillonnage non probabiliste	1. Échantillonnage subjectif ou complet
II/ Échantillonnage probabiliste	1. Échantillonnage aléatoire
	2. Échantillonnage systématique
	A. Les surfaces :
	1. Méthode des poignées :
	2. Méthode des poignées :
	B. Les lignes :
	Méthodes linéaires :
	C. Les points :
	1. Points quadrats :
	2. Points alignés :
	3. Roue :
	3. Échantillonnage stratifié
	4. Échantillonnage exhaustif ou Analyse exhaustive
	5. Échantillonnage mixte
	6. Échantillonnage progressif :

## 2. Méthode Botanal :

Utilise plutôt des cadres de 0,2 m<sup>2</sup> avec une intensité d'échantillonnage plus modérée (12 à 15). Pour chaque cadre, la notation de l'abondance se fait par une estimation subjective de l'abondance des espèces.

### B. Les lignes :

- assez peu utilisées aujourd'hui puisqu'elles sont matérialisées par des rubans mètres ou décamètres étroits tendus.
- Le principe est de calculer la longueur de la végétation projetée sur les lignes ou rubans mètres.

### Méthodes linéaires :

- si le principe de base est le même, à savoir mesurer la longueur de végétation interceptée, les différences portent sur: le mode de discrimination des strates et la façon de calculer le sol nu.

Exemple : **Le Houérou (1987)** utilise une cordelette et note les contacts avec les éléments de la surface du sol. La somme des longueurs de chaque objet élevée au carré donne le recouvrement de l'objet.  $(\sum \text{longueurs})^2 \text{objet} = \text{Surface de recouvrement de l'objet}$  ➔ **La longueur de la ligne** dépend de **l'abondance de la végétation** et de son **uniformité**. On considère empiriquement qu'elle **varie** de 15 m pour un recouvrement de 5 à 15 %, 30 m pour des recouvrements de l'ordre de 5 %. Le nombre de lignes dépend de l'uniformité de la végétation (une trentaine de lignes convenable à la plupart des types de végétation).

### C. Les points :

l'échantillonnage sur des placettes surfaciques (dense) présente des biais sur le plan statistique. Il serait ainsi plus judicieux de multiplier le nombre de placettes, de sorte à réduire la surface d'échantillonnage, jusqu'à annuler celle-ci et arriver à une surface ponctuelle.

A l'aide d'une aiguille, l'observateur indique toutes les espèces qui entrent en contact avec elle, jusqu'à ce que celles-ci touchent le sol. Les aiguilles sont descendues verticalement dans la masse végétale.

#### 1. Points quadrats :

- les placettes à points échantillonnées sous forme d'un cadre rigide comportant 10 aiguilles, connu sous le vocable de "points quadrats" qu'on déplace de proche en proche.
- La distribution de la fréquence des espèces ayant touché 0 fois, 1 fois,... n fois les aiguilles.
- Il faudrait agir sur la maille de la ligne ou la distance entre les aiguilles

#### 2. Points alignés :

- La ligne est pourvue d'une maille régulière.
- Coulisser une aiguille verticalement le long de la ligne, sans bâti (à la différence des points quadrats) et y on compte les contacts.
- Pour les strates ligneuses discontinues la méthode utilisée, décrite par Le Floch est celle de la « jauge de Cooper ».

**3. Roue :** Une variante de la méthode des points alignés, est l'utilisation d'une roue sans jante, munie de rayons qu'ils laissent rouler dans la végétation.

#### 3. Échantillonnage stratifié

- le préalable à l'existence d'une carte de l'occupation des terres (COT).
- diviser l'espace de mesures de départ en des sous-ensembles homogènes de sorte à y minimiser l'hétérogénéité.
- e.g. nous avons 3 classes de sol, 4 de pH et 2 de pente, nous aurons théoriquement  $3 \times 4 \times 2 = 24$  possibilités de zones homogènes.

#### 4. Échantillonnage exhaustif ou Analyse exhaustive

- Consiste à placer des placettes le long d'une ligne et d'y étudier les propriétés structurales de la végétation.
- les lignes ne sont pas nécessairement très longues et les placettes suffisamment importantes.
- Les placettes peuvent être :
  - Des surfaces disposées en n lignes de p carrés contigus et multiples de 2 regroupées ensuite par 2, 4, 8 ... et sur lesquelles il sera procédé à des tests statistiques.
  - Des lignes délimitées en segments continus et d'égale distance.
  - Des lignes ou bandes où la présence des individus sera notée (points).

#### 5. Échantillonnage mixte

- Les études commencent par un échantillonnage stratifié consistant en une délimitation de zones homogènes (stratification) de la zone d'étude.
- Ensuite à l'intérieur des strates retenues, ils choisissent des relevés subjectivement (échantillonnage subjectif) ou au hasard (échantillonnage aléatoire).

#### 6. Échantillonnage progressif :

- Consiste à faire la synthèse et le bilan de la première campagne pour préparer la suivante,
- il s'est souvent avéré que l'échantillonnage était incomplet et qu'il fallait le compléter par des campagnes ultérieures.