

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Batna 2

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Méthodes d'étude et d'inventaire de la faune et la flore

Socle commun Sciences de la Nature et de la Vie

2^{ème} année

Filière : Ecologie et Environnement

Dr. Idriss BOUAM

Année universitaire : 2019/2020

Sommaire

I- Définitions et généralités

1. Notions de base

- **Un exemple pour mieux comprendre les notions de base (Fig. 1)**

Soit une étude sur les **oiseaux sauvages** du **lac Apopka** en Floride. Ces **zones littorales** constituent des **aires de reproduction** et d'**alimentation** pour ces oiseaux, estimés à environ **12 000 individus** autour du lac. Chaque saison de **chasse** laisse plus de **6 000 tonnes de plomb** (Pb) au fond des marais, lacs, estuaires,...etc. Ce plomb est **ingéré** par la **faune sauvage** et cause des troubles digestifs, circulatoires et nerveux et parfois la mort des oiseaux.

L'objectif de l'étude présentée ici est d'**étudier** la **relation** entre la **présence de plomb** dans le **gésier** et la **teneur en plomb** des **os de l'aile** des **oiseaux**. Pour cela, un **échantillonnage représentatif** de la population a consisté à récupérer **2 734 oiseaux** de **4 espèces différentes** abattus par les chasseurs. Les **variables** recensées sont : la **présence/absence de plomb dans le gésier**, le **nombre de grains de plomb par gésier**, la **teneur en plomb dans l'os de l'aile**, l'**espèce** et l'**état de l'oiseau à la récupération (bon, médiocre)**, l'**ordre de récupération** comme **identifiant**.

- **Population biologique**

Ensemble d'individus de la **même espèce** vivant dans un **espace** déterminé à un **moment** donné.

→ Il s'agit ici, au minimum, de **quatre** populations biologiques.

- **Élément ou unité d'échantillonnage**

Désigne l'entité **concrète** (p.ex. individu) ou **abstraite** (p.ex. association végétale) de la population sur laquelle toutes les **variables** sont **mesurées**.

→ Il s'agit ici d'un **oiseau** sur lequel le **gésier** et l'**aile** peuvent être **prélevés** et dont l'**état** peut être **apprécié**.

- **Population cible**

Se définit comme l'**ensemble** des éléments sur lequel le chercheur juge les **conclusions** de l'étude **généralisable**. Il s'agit pour le chercheur d'extrapoler ses conclusions à une population **plus large**. Elle dépend notamment des connaissances disponibles dans la **littérature**.

→ Il s'agirait par exemple ici de **généraliser** à **tous les oiseaux du littoral** de la Floride. Notez cependant que cette définition engage la **responsabilité du chercheur** et que, d'**un point de vue statistique strict**, les **résultats ne sont valables** que pour les **oiseaux du lac Apopka**.

- **Population statistique**

Se définit comme la collection d'éléments sur laquelle se porte l'**étude statistique** et de laquelle un **échantillon représentatif** est **extraît**. Elle doit être **bien définie** et **décrite** avec des caractéristiques

permettant de l'identifier et de la distinguer **de toute autre**. Une population **finie** dont le nombre N est connu se distingue d'une population **infinie**, indénombrable.

→ Il s'agit ici de l'**ensemble** des **oiseaux sauvages** présents autour du lac Apopka, l'effectif étant de $N = 12\ 000$.

- **Échantillon**

Le groupe **restreint** d'éléments, noté n , **extraits** de la **population statistique** afin de tirer des **conclusions** sur cette dernière. Il doit être **représentatif** de la population.

→ Il s'agit ici des **2 734 oiseaux** abattus par les chasseurs.

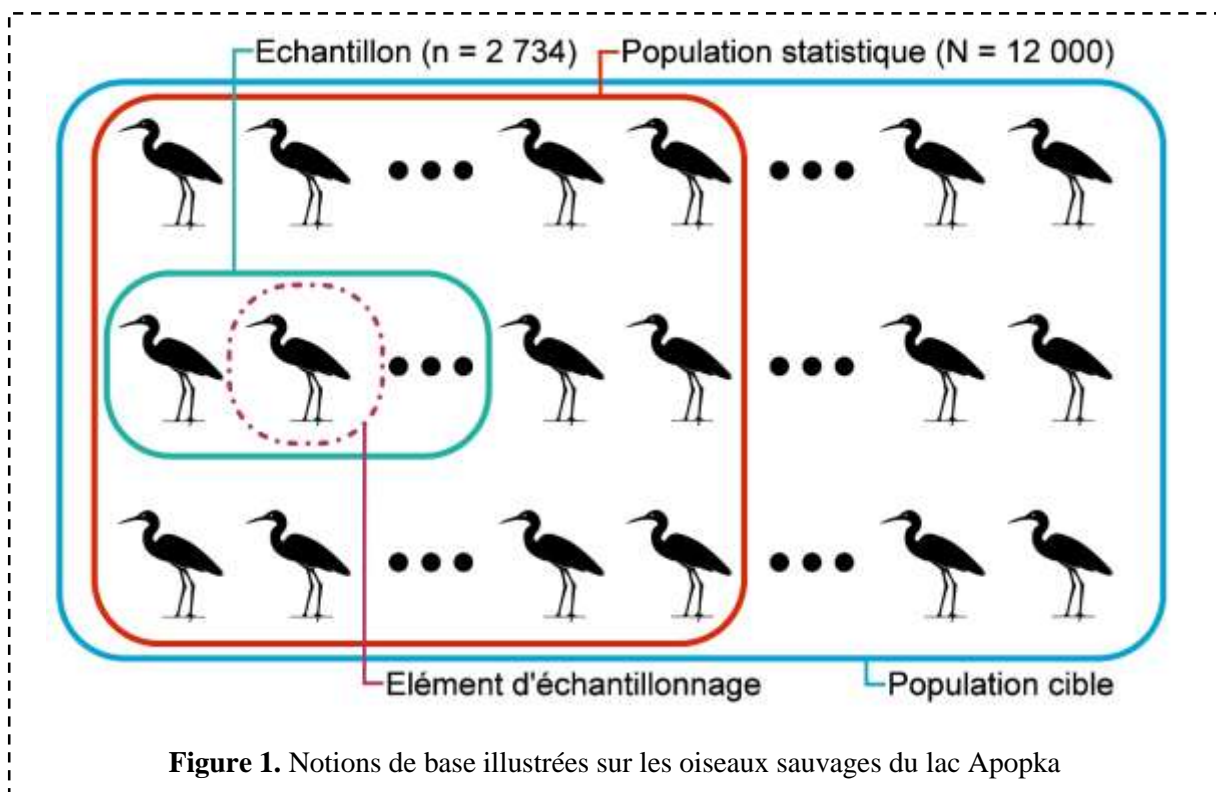
- **Échantillonnage**

Action d'échantillonner ; **collection** d'échantillons.

- **Effort d'échantillonnage**

Se définit comme le **nombre d'éléments constitutifs** de l'**échantillon** sur le **nombre d'éléments** de la **population statistique**. Il ne peut bien sûr être estimé que pour une population **finie**.

→ L'effort est ici de $(2\ 734/12\ 000) \times 100$; soit **23 %**.



- **Inventaire**

Sur le plan **écologique**, un **inventaire** est un « *ensemble d'observations quantitatives et qualitatives et de mesures utilisant des protocoles normalisés, réalisées en une période de temps limitée* » (Hellawell, 1991). On peut ajouter que les inventaires sont effectués selon des dispositifs d'échantillonnage **représentatifs**. Finlayson (1996) précise que cet exercice est effectué « *sans idées* »

*préconçues quant à la teneur des **résultats** ». L'honore (2000) propose une définition proche « recensement le plus **exhaustif** possible d'un ensemble de **données** taxonomiques sur une **aire géographique précise** et durant une **période de temps limitée** ». Un inventaire correspond donc à une campagne de **collecte de données**.*

2. Pourquoi échantillonner ?

Il est généralement **impossible** de mesurer une ou des **caractéristiques** sur l'**ensemble** des unités d'un groupe d'intérêt. Ceci peut résulter de plusieurs **causes**, telles des contraintes de **temps**, d'**argent** ou un manque de **personnel qualifié**. Ou encore, il peut être **impossible** de mettre la main sur l'**ensemble** des individus d'une **population**. De fait, il est probablement impossible de mesurer la **hauteur de tous les arbres d'une forêt** de plusieurs milliers d'hectares.

L'échantillonnage, **lorsque bien fait**, permet de **mesurer** des **caractéristiques** sur un **nombre restreint** d'unités du groupe d'intérêt et d'arriver à une **estimation** des **paramètres** à l'étude qui sera non seulement **précise** et **exempte de biais**, mais aussi **représentative** de l'ensemble des unités du groupe. On entend par **paramètre** une **caractéristique quantifiable** de la population dont la valeur est fixe au sein d'une **région** et d'une période de **temps** donnée, mais qui demeure **inconnue**.

3. Et la recherche scientifique dans tout ça...

La plupart des programmes de **recherche scientifique** en écologie visent avant tout à réaliser des **recueils de données** dans des conditions bien **particulières** afin de **vérifier** les **hypothèses** de départ, après **traitement** statistique des données et **analyse** des résultats. En ce sens, toute action à réaliser par un chercheur pour mener à bien une étude se place dans **trois** grandes catégories :

- Le travail préparatoire, **avant** de se rendre sur le terrain ;
- La **collecte** des données qui correspond à la phase de **terrain** ;
- L'**analyse** des données et l'exploitation des résultats qui a lieu **après** la phase de terrain, a celles-ci s'**ajoute** la **valorisation** des résultats.

II- Travail préparatoire au terrain

Des **études écologiques** sont parfois mises en place avec une **vague idée** des **objectifs**, et l'**espoir** que les données récoltées sur le terrain, **sans protocole particulier**, seront utilisables par la suite pour élaborer des **analyses statistiques**. Les études sont souvent **planifiées à l'envers**, sur le principe du « **collecte maintenant** » (les données) et « **pense plus tard** » (aux questions utiles). La **définition des objectifs** est pourtant une étape essentielle pour identifier les éléments et paramètres à suivre, et préparer la **stratégie d'échantillonnage** qui conditionne l'ensemble de l'étude. Les **objectifs** constituent la base de la **collecte de l'information** car la manière de recueillir les données sera fonction de ce que l'on souhaite obtenir.

La **première étape** de la conception d'un **échantillonnage** consiste à définir les **objectifs** de l'étude à mener, les **buts** de la **collecte des données**. Quand les objectifs sont **clairement spécifiés**, les **questions** et les **hypothèses** adéquates peuvent être incluses au protocole d'enquête et un **plan d'échantillonnage** pertinent pourra être conçu. Quand elles sont définies de manière **inadéquate**, l'enquête et l'évaluation risquent de **faire fausse route** dès le début.

Exemple de contexte à objectif distinct : répondre à une question scientifique (p.ex. impacts des changements globaux sur les communautés animales).

Pour **définir** les **objectifs** de l'étude, il faut notamment **répondre**, entre autres, aux **questions** suivantes :

- Quel est l'**objet** (ou les objets) de l'étude ?
- Qu'est-ce qui doit être **mesuré** ?
- A quelle **échelle** ?
- Quel **plan d'échantillonnage** utiliser ?
- Sous **quelle forme** se présenteront les **données** qui seront **collectées** ?
- De quelle **manière** seront analysées les **données** qui seront **collectées** ?

1. Objet de l'étude

Cette étape consiste à **identifier le** ou **les** objets les plus pertinents, les **composantes-clés** qui découlent directement des objectifs, sur lesquels doivent être mesurés les paramètres (variables). L'objet de l'étude peut être un **matériel biologique** (p.ex. animal et/ou végétal), ou une **composante abiotique** (p.ex. climat, eau, sol, ...etc.).

2. Variables (descripteurs)

Les **variables**, appelées aussi **descripteurs**, désignent toute **caractéristiques mesurable** ou **observable** sur **chacun** des **éléments de l'échantillon** ou sur son **environnement**.

2.1. Principaux types de variables

- Les variables **quantitatives** avec des **valeurs mesurables** :
 - **Discrètes** : pour des **valeurs entières**
 - Exemple** : nombre de plombs dans le gésier.
 - **Continues** : pour des valeurs pouvant présenter des **décimales**.
 - Exemple** : teneur en plomb dans l'aile.
- Les variables **qualitatives** ou facteurs avec des valeurs exprimant une **qualité** :
 - **Nominales** : sans gradation logique.
 - Exemple** : l'espèce d'oiseau.
 - **Ordinales** : avec gradation logique.
 - Exemple** : état de l'oiseau à la récupération : bon, médiocre.
- Les variables **semi-quantitatives** :
 - **Binaires** : avec **deux situations possibles** : oui/non, présence/absence.
 - Exemple** : présence/absence de plomb dans le gésier.
 - **Rangs** : avec des **valeurs** ou **gradations** exprimées **par ordre** : 1, 2, 3,...etc.
 - Exemple** : identifiant correspondant à l'ordre de récupération des oiseaux.
- Les variables **synthétiques**, qui peuvent être obtenues par la **combinaison** de deux, ou plus, des **descripteurs** cités ci-dessus.

2.2. Choisir les variables à mesurer

Une fois défini l'objet à étudier, on doit s'attacher à définir les **mesures à effectuer**. On liste alors les **variables** à mesurer pour **chaque unité d'échantillonnage**. Les variables doivent correspondre exactement à la **problématique** et se reporter à l'**objet** et son **unité d'échantillonnage**.

Les variables pouvant intervenir dans la **description** d'un **objet étudié** peuvent être de nature **très variée**, cependant, ils peuvent être regroupées en **deux** grandes catégories.

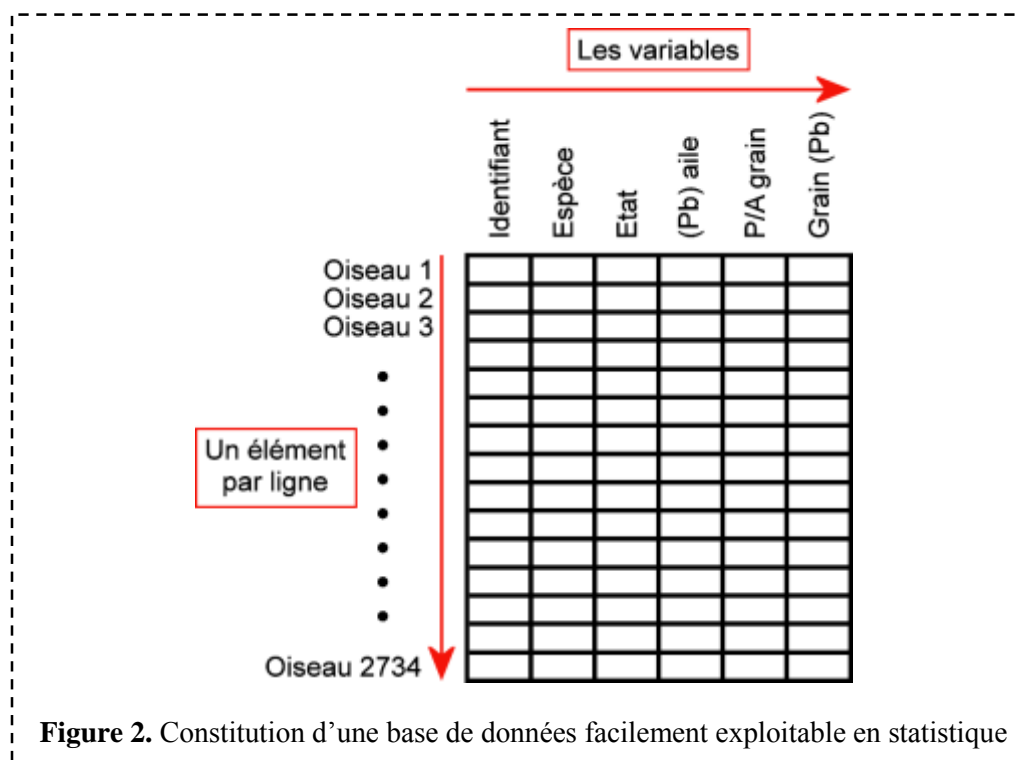
- **Les variables « propres »** : Appelées aussi **descripteurs populationnels** (d'occupation de l'espace, biométriques, démographiques, structuraux,...etc.), elles se rapportent **directement** à l'objet étudié (**Tab. 1**).
- **Les variables « associées »** : On les appelle aussi **descripteurs du milieu** ou **environnementaux**. Ce sont les variables mesurées sur les objets identifiés comme **facteurs déterminants** la présence de telle **espèce** ou tel **habitat**.
 - Exemple** :
 - Afin de caractériser les **facteurs limitant** le peuplement d'**amphibiens**, sont mesurés par exemple : le **pH**, la **température**, et la **concentration en oxygène des eaux**.

Tableau 1. Exemples de descripteurs populationnels

Population	Unité d'échantillonnage	Variable	Echelle	Type
Descripteurs d'occupation de l'espace				
Un espace géographique	Une unité de taille d'espace	Présence d'une espèce	Présence/absence	Binaire
		Types d'habitats	Type d'occupation de l'espace : peu, moyen, beaucoup	Ordinale
			Nombre	Discrète
			Eau saumâtre, eau douce, eau salée, prairie,...	Nominale
Descripteurs biométriques				
Une espèce sur une aire géographique déterminée	Un individu	Âge	Juvenile, subadulte, adulte	Ordinale
			En année	Discrète
		Taille	En cm	Continue
		Indice de condition (ratio taille/poids)		Synthétique

Remarque :

Une base de données **correctement constituée** présente toujours une **ligne** par **élément** et les **variables** en **colonne**. C'est la forme de base la plus facile à manipuler par les logiciels de statistiques en général (**Fig. 2**).

**Figure 2.** Constitution d'une base de données facilement exploitable en statistique

3. Échelles d'observation

Les **objectifs** d'une étude peuvent être de **différentes** natures :

- Faire l'état d'une situation à **un moment donné** (problème à temps fixe) et/ou en un **lieu donné** (problème à localisation fixe).
- Mettre en évidence les **tendances** (variations temporelles et/ou spatiales).

En écologie, une **échelle d'observation** réfère à l'**étendue** (surface, durée) et à la **résolution** (taille de l'unité élémentaire) des **observations** dans l'**espace** et dans le **temps**.

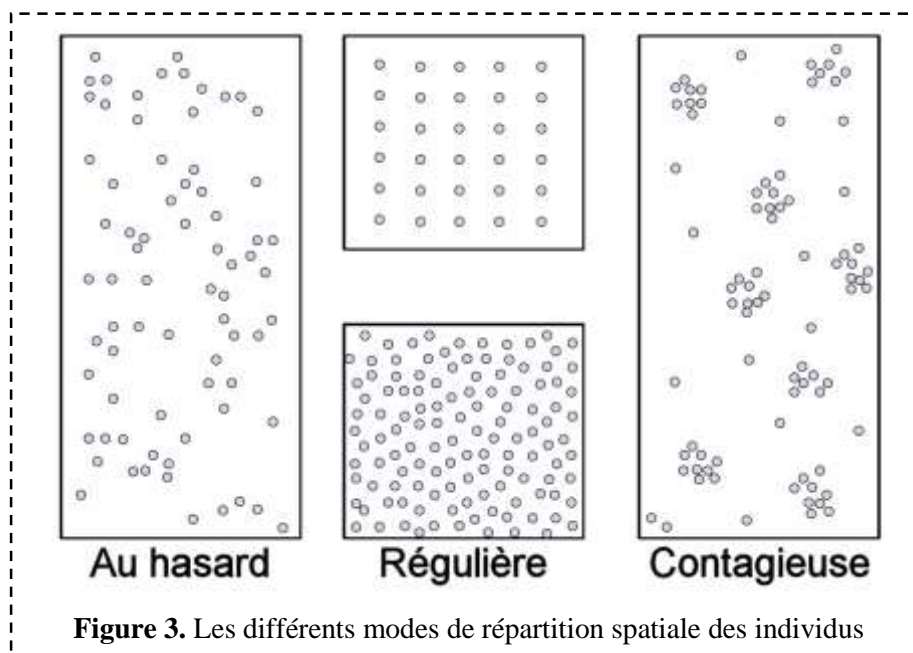
Exemples

- L'**étendue** des **observations** dans l'**espace** (p.ex. une parcelle, une région,...etc.) et dans le **temps** (p.ex. observations sur une année, une décennie,...etc.).
- La **résolution** des **observations** dans l'**espace** (p.ex. observation sur 1 m², 1 km²,...etc.) et dans le **temps** (p.ex. tous les jours, tous les mois,...etc.).

3.1. Choisir les échelles d'observation

Pour définir des échelles d'observation **spatiales**, il est nécessaire de :

- Définir l'**amplitude** (ou taille) du domaine à échantillonner (stationnel, local, national, international,...etc.).
- Définir le **mode de répartition** de l'objet étudié, qui peut, dans le cas d'une espèce, être divisée en **trois** cas : répartition au **hasard**, **régulière** et **contagieuse** (Fig. 3). On choisira la surface qui **minimiser**a les **fluctuations** d'échantillonnage.
- **Positionner** les **échantillons**, par exemple la disposition spatiale des pièges dans l'espace.



Pour définir des échelles d'observation **temporelles**, il est nécessaire de :

- Définir la **période** des **relevés** : La période est avant tout fonction de l'**objet étudié** et, s'il s'agit d'une **espèce**, de sa **phénologie** (phénomènes périodiques de la vie animale et végétale), de son **activité**

territoriale (pour les animaux), des **habitats**, des **conditions météorologiques**, de la **période du jour**,...etc.

Exemples :

- Au cours d'une **année**, on choisira la période de **plus grande activité** des **animaux**. Pour la plupart des **insectes**, par exemple, les observations ont lieu durant le **printemps** et l'**été**.
- La période la plus propice à l'étude de la **végétation** est évidemment le printemps, lorsque les plantes sont en fleur.
- On observe les **reptiles** le **matin** ou le **soir** de préférence, au moment où ils ont le plus besoin de **chaleur**.
- Définir la **fréquence** des **relevés** : Des relevés **peu fréquents** (p.ex. saisonniers) ou relevés **fréquents** (p.ex. hebdomadaires) selon l'**objectif** de l'étude et la **vitesse d'évolution** de l'objet étudié.

Exemples :

- Pour les espèces **animales**, la **fréquence** des relevés est **variable** selon la **biologie** (comme la reproduction par exemple) mais aussi la **durée de vie** de l'espèce (ou du groupe d'espèces) considérée.
- Les données **climatiques** évoluent **rapidement**, il faudra donc les relever avec une fréquence quasi journalière.
- Prévoir la **durée** de l'**étude** : Il est nécessaire d'opérer sur un pas de temps **suffisant** pour être en mesure d'obtenir des **données interprétables**.

Exemples :

- **Deux à trois années consécutives** sont nécessaires avant de prétendre avoir une **liste quasi complète** des **Odonates** sur un site.
- Il est aussi probable que les **espèces végétales** d'un site ne pourront toutes être détectées en une seule année d'inventaire du fait d'une **phénologie très étalée** dans le **temps** nécessitant de nombreuses visites.

4. Choisir le plan d'échantillonnage

Choisir le **plan d'échantillonnage** consiste à choisir de quelle **manière** les **données** seront **recueillies** sur le terrain (en certains endroits choisis au hasard, dans tous les habitats fréquentés par l'espèce visée,...etc.). Il conditionne aussi le mode de **traitement des données** et donc les **résultats**.

Selon le **but visé** et les **contraintes** rencontrées, **plusieurs** plans d'échantillonnage sont disponibles et répondent à des **besoins particuliers**. On distingue **deux** grandes familles de **protocoles d'échantillonnage** : l'échantillonnage **probabiliste** et l'échantillonnage **non-probabiliste**.

4.1. Protocoles d'échantillonnage probabilistes

Les protocoles probabilistes sont basés sur une **sélection aléatoire** des **unités statistiques** de l'échantillon. Chaque unité statistique incluse dans l'échantillon est donc sélectionnée avec une **probabilité d'inclusion associée et connue**.

4.1.1. Échantillonnage aléatoire simple (Fig. 4)

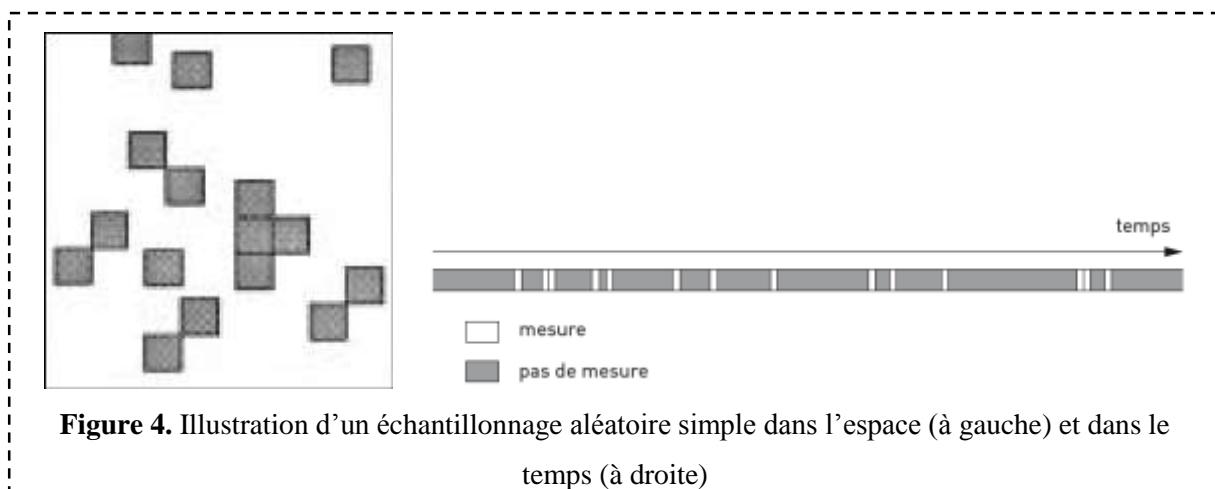
L'échantillonnage **aléatoire simple**, ou au **hasard**, est une méthode qui consiste à prélever **au hasard** et de façon **indépendante** « **n** » unités d'échantillonnage d'une population de « **N** » éléments. Chaque point dans l'espace étudié a donc une **chance égale** d'être échantillonné.

Remarque :

Chaque élément sélectionné peut être **remis** dans la population après son tirage pour éventuellement être choisi une deuxième fois : on parle alors d'**échantillonnage avec remise**, appelé aussi **échantillonnage non exhaustif**. Si l'élément sélectionné **n'est pas remis** dans la population après son tirage, on parle d'**échantillonnage sans remise** ou **échantillonnage exhaustif**.

Exemples :

- Une méthode garantissant sécurité et représentativité consiste à dresser la liste complète et **sans répétition** des éléments de la population, à les **numéroter**, puis à tirer au sort « **n** » d'entre eux à l'aide d'un système générant des **chiffres aléatoires**.
- Tirage au sort d'un certain nombre d'**heures de mesure** dans l'**année**.




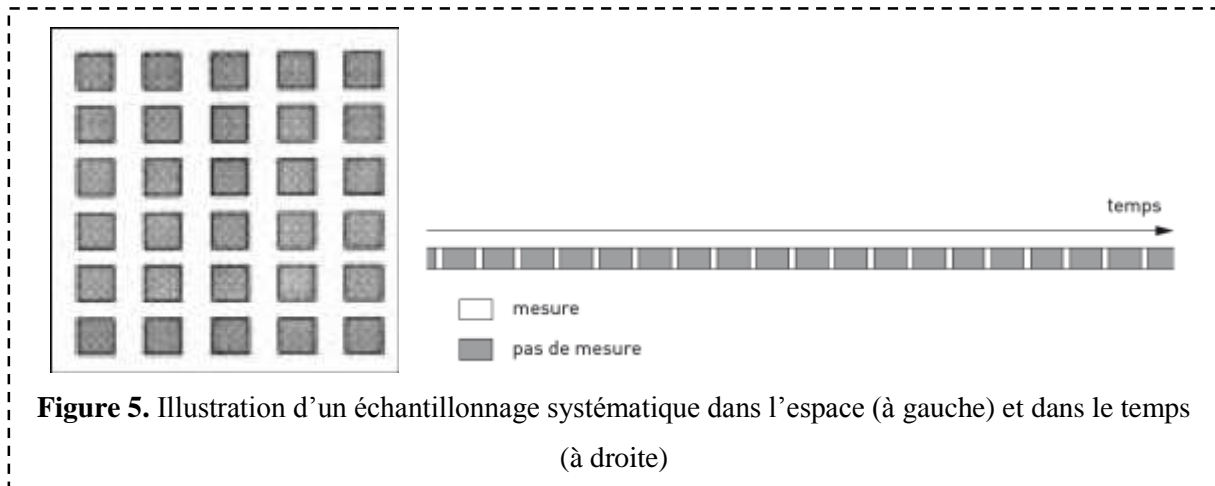
4.1.2. Échantillonnage systématique (Fig. 5)

Un échantillonnage est **systématique** si les individus sont sélectionnés à **intervalles réguliers** (p.ex. une mesure journalière tous les six jours). Il consiste aussi à répartir les échantillons de **manière régulière** (p.ex. tous les « **x** » mètres). Il est **moins demandeur en temps** qu'un échantillonnage aléatoire. On utilise habituellement un **quadrillage** (souvent positionné sur la photographie aérienne du territoire étudié). Les **points d'échantillonnage** sont ainsi faciles à localiser à chaque relevé.

Exemples :

- Si les espèces nichent **au même endroit tous les ans**, le comptage devient plus facile avec le temps.
- On peut réaliser un échantillonnage systématique lorsqu'on privilégie les inventaires dans les secteurs les plus susceptibles d'abriter les espèces (**habitats potentiels**). On porte alors une plus grande attention aux milieux répondant à leurs exigences écologiques. Par exemple, pour les **chauves-souris**, on cherchera en priorité dans les **grottes** mais aussi les **mines, bâtiments, ponts, tunnels, arbres creux**.

→ Le positionnement des pièges pour les espèces **difficilement observables** (invertébrés ou encore mammifères) est souvent fait de manière systématique sur un secteur donné ou le long de gradients. La **figure** () nous montre comment sont localisés et répartis les pièges de **micromammifères** le long d'un transect dans une réserve naturelle.

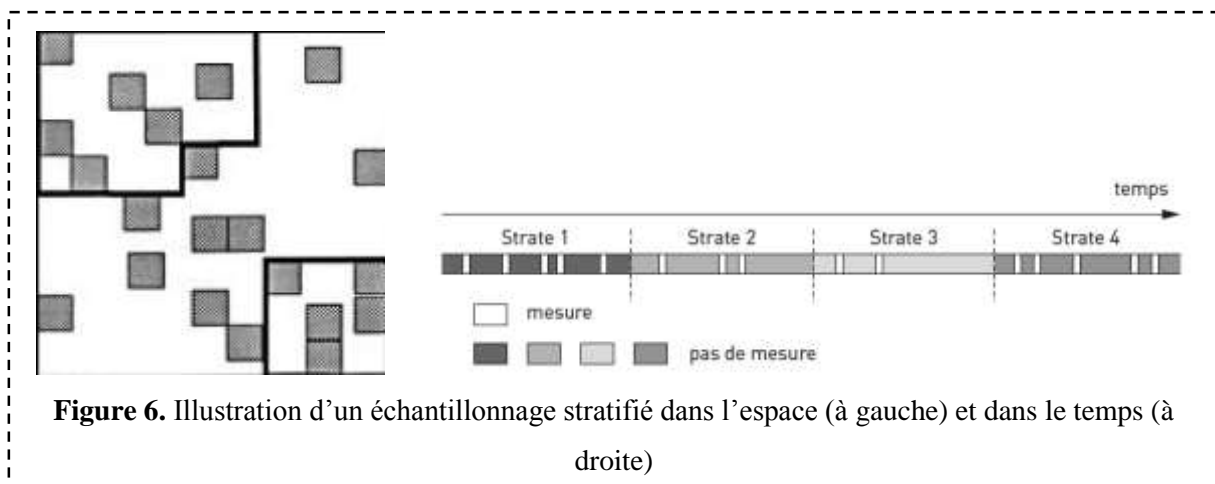


4.1.3. Échantillonnage stratifié (Fig. 6)

Il est particulièrement utilisé quand l'aire étudiée est divisée en **zones différenciées** (strates). Les **strates** peuvent correspondre à des **divisions administratives**, des **zones à topographie différente**,...etc. Il consiste à subdiviser une **population hétérogène** en **sous-populations** ou **strates** plus **homogènes**. La stratification s'impose lorsque les résultats sont recherchés au niveau de **chacune** des sous-populations. On **répartit** alors les échantillons au sein des **strates** (en procédant éventuellement par un échantillonnage au hasard par exemple) avec un nombre proportionnel à l'aire de chacune.

Exemple :

→ On pourra utiliser toutes les connaissances acquises sur la **végétation** et le **milieu** pour découper la zone à étudier en **sous-zones** plus **homogènes** qui seront échantillonnées séparément. Un pré-échantillonnage est possible, notamment à l'aide de la **cartographie** (photographies aériennes, cartes géologique, pédologique, topographique,...).



4.2. Protocoles d'échantillonnage non-probabilistes

Les **unités statistiques** sont choisies selon une procédure pour laquelle la **sélection n'est pas aléatoire**. Généralement, ils sont faits à **dire d'experts**.

4.2.1. Échantillonnage subjectif

C'est la forme la plus **simple** et la plus **intuitive** d'échantillonnage. L'observateur **juge** les emplacements **représentatifs** des conditions du milieu et choisit comme échantillons les zones qui lui **paraissent particulièrement homogènes** et **représentatives** d'après son **expérience**.

4.2.2. Échantillonnage mixte

On peut **combiner** plusieurs **types d'échantillonnages** pour les adapter à leur situation sur le terrain. On parle alors d'échantillonnage mixte.

4.3. Echantillonnage probabiliste *versus* échantillonnage non-probabiliste

Le **recueil** de l'**information** sur un **échantillon** a un **coût** qui peut rendre difficile la mise en œuvre d'un échantillonnage répondant au **degré de précision** souhaité. De fait le **choix** du plan répond à un compromis entre :

- **Parcimonie** (notion liée à des contraintes de coût).
- **Précision de l'échantillonnage** (notion liée à la minimisation de la variance d'échantillonnage dans l'estimation d'une quantité d'intérêt).

Tableau 2. Protocoles probabilistes *versus* protocoles non-probabilistes (quelques avantages et inconvénients basiques)

	Probabilistes	Non-probabilistes
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Produisent des échantillons représentatifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût. • Facile à mettre en œuvre.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Les unités statistiques dont les positions spatiales ont été choisies par une méthode probabiliste peuvent être difficiles à atteindre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépend des connaissances de l'expert. • Risque de biais plus grand.