

Chapitre 1 : Plans d'échantillonnage des milieux terrestres et aquatiques.

1. Introduction :

L'échantillonnage des milieux terrestres et aquatiques est une étape essentielle dans les études environnementales. Il permet de collecter des données représentatives pour évaluer la qualité des habitats, la biodiversité, ou encore la contamination par des polluants. Et d'obtenir des données représentatives sur les écosystèmes terrestres et aquatiques. Il est essentiel pour le suivi de la biodiversité, la surveillance des pollutions et l'évaluation des impacts environnementaux.

2. Définition et objectifs de l'échantillonnage :

L'échantillonnage consiste à prélever des éléments (sol, eau, air, organismes vivants) d'un milieu naturel en respectant des protocoles rigoureux afin d'assurer la représentativité et la fiabilité des résultats.

Principes et Objectifs de l'échantillonnage : L'échantillonnage consiste à collecter des échantillons représentatifs d'un milieu naturel selon des protocoles standardisés.

- Évaluer la biodiversité et la répartition des espèces
- Analyser la qualité des sols et des eaux et de l'air
- Surveiller et détecter la présence de polluants et des contaminants
- Suivre les changements environnementaux et l'impact des activités humaines

3. Types de plans d'échantillonnage : Le choix du plan d'échantillonnage dépend de la variabilité du milieu, des ressources disponibles et des objectifs de l'étude (Fig.1) .

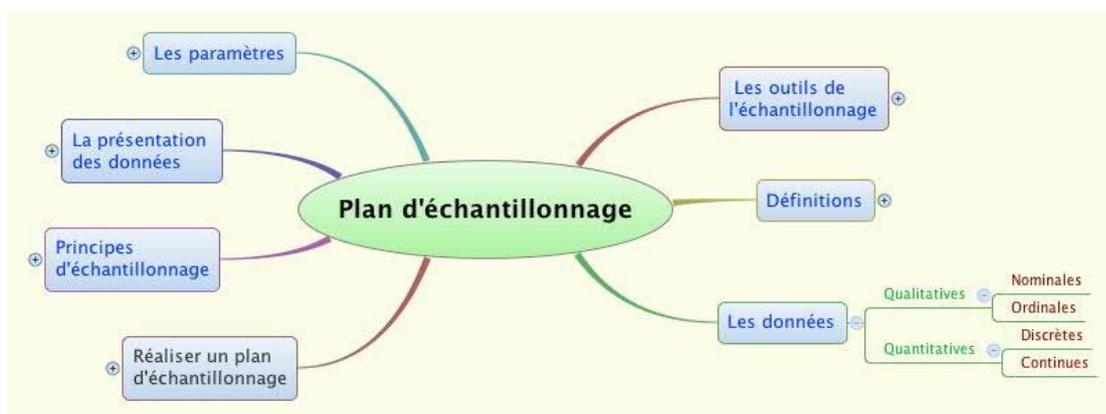


Figure 1. Principes du choix du plan d'échantillonnage

A. Plans d'échantillonnage des milieux terrestres : L'échantillonnage des milieux terrestres est une méthode utilisée pour évaluer la biodiversité, la qualité des sols et les impacts environnementaux. Il repose sur des protocoles standardisés pour garantir la fiabilité et la comparabilité des résultats.

Objectifs de l'échantillonnage terrestre

- Étudier la biodiversité et la répartition des espèces
- Analyser la composition et la fertilité des sols
- Évaluer la contamination des sols par des polluants
- Suivre les impacts du changement climatique sur les écosystèmes terrestres

1. Échantillonnage aléatoire

L'échantillonnage aléatoire est une méthode de collecte de données dans les études écologiques et environnementales. Il permet de réduire les biais et d'assurer une représentativité statistique des échantillons.

✓ Principe de l'échantillonnage aléatoire :

L'échantillonnage aléatoire consiste à sélectionner des points d'échantillonnage de manière totalement aléatoire dans une zone d'étude définie.

- Chaque point d'échantillonnage est choisi au hasard dans une zone définie.
- Chaque point a une probabilité égale d'être choisi. Cette approche est utilisée pour :
 - Étudier la biodiversité (plantes, insectes, petits mammifères)
 - Analyser la qualité des sols (nutriments, contaminants)
 - Observer les changements environnementaux sur une grande échelle
 - Adapté aux milieux homogènes et vastes.

✓ Avantages

- Évite les biais liés au choix des emplacements
- Fournit une meilleure représentativité statistique
- Adapté aux grandes surfaces

✓ Inconvénients :

- Peut entraîner une distribution inégale des points d'échantillonnage
- Moins efficace si le terrain est très hétérogène
- Peut être difficile à mettre en œuvre sur des terrains accidentés

✓ Méthodes et outils utilisés (Fig.2) :

- Génération aléatoire des points à l'aide d'un logiciel SIG (ex. ArcGIS, QGIS)
- **Quadrats** : Carrés de surface définie pour étudier la végétation
- **Tarières et carottiers** : Prélèvement d'échantillons de sol
- **Pièges à insectes (pitfall traps)** : pour l'étude de la faune terrestre
- **GPS** : pour localiser précisément les points d'échantillonnage



Figure 2 : Illustration représentant l'échantillonnage aléatoire dans un milieu terrestre, incluant l'utilisation de quadrats, de GPS, de tarières pour le sol et de pièges à insectes.

4. Échantillonnage systématique : L'échantillonnage systématique est une méthode couramment utilisée en écologie et en sciences de l'environnement pour collecter des données de manière structurée et homogène.

✓ **Principe de l'échantillonnage systématique**

L'échantillonnage systématique repose sur une sélection régulière des points d'échantillonnage selon un schéma préétabli (grille, transects, lignes). Il permet de couvrir uniformément une zone d'étude et de minimiser les biais subjectifs.

- Points répartis régulièrement (ex. : tous les 10 mètres sur une grille).

- Les échantillons sont prélevés selon un schéma régulier (ex. : grille, transects).

✓ **Avantages**

Répartition homogène des échantillons

Facile à reproduire et à comparer dans le temps

Particulièrement efficace pour cartographier la répartition spatiale des espèces ou des paramètres du sol

✓ **Inconvénients :**

Moins adapté si la variabilité environnementale est imprévisible

Peut être inefficace si les phénomènes étudiés suivent une distribution irrégulière

Inconvénients : Moins efficace si la variabilité du milieu est forte.

✓ **Méthodes et outils utilisés (Fig. 3) :**

- **Grilles d'échantillonnage :** Division de la zone d'étude en quadrats réguliers

- **Transects :** Lignes le long desquelles les échantillons sont prélevés à intervalles fixes

- **Quadrats :** Zones carrées utilisées pour l'étude de la végétation

- **GPS et SIG :** Localisation précise des points d'échantillonnage

- **Tarières et carottiers :** Prélèvement d'échantillons de sol



Figure 3 : une illustration représentant l'échantillonnage systématique dans un milieu terrestre, avec un quadrillage structuré, l'utilisation de transects, et des outils comme le GPS et la tarière.

3. Échantillonnage stratifié :

L'échantillonnage stratifié est une méthode utilisée en écologie et en sciences de l'environnement pour améliorer la précision des études en tenant compte de l'hétérogénéité des milieux naturels (**Fig. 4, 5**).

✓ Principe de l'échantillonnage stratifié

Cette méthode consiste à diviser la zone d'étude en sous- en sous-zones homogènes appelés "strates", basés sur des critères environnementaux ou biologiques ((exp : végétation, sol, altitude, forêts, prairies, zones humides, topographie). Des échantillons sont ensuite prélevés aléatoirement au sein de chaque strate, permettant une représentation plus précise de la variabilité du milieu.

✓ Avantages

- Améliore la représentativité des échantillons, meilleure représentativité des variations.
- Précision accrue : En réduisant la variabilité au sein des strates, les estimations sont plus fiables.
- Efficacité : Optimise l'effort d'échantillonnage en se concentrant sur des zones homogènes.
- Flexibilité: Permet d'adapter les méthodes d'échantillonnage aux caractéristiques spécifiques de chaque strate.

✓ Inconvénients :

- Complexité : Nécessite une connaissance préalable détaillée de la zone d'étude pour définir les strates.
- Ressources : Peut exiger plus de temps et de ressources pour la mise en place et l'analyse des données.

✓ Méthodes et outils utilisés :

- Délimitation des strates : Utilisation de cartes, d'images satellites ou de relevés préliminaires pour identifier les zones homogènes.
- Échantillonnage au sein des strates : Application de méthodes aléatoires ou systématiques pour sélectionner les points d'échantillonnage dans chaque strate.
- Outils de terrain : Quadrats, transects, GPS, tarières, etc., adaptés aux spécificités de chaque strate.

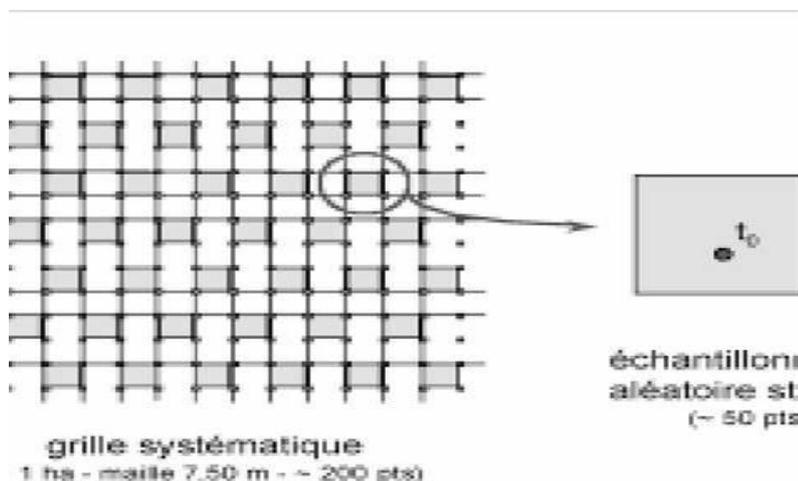


Figure 4: illustration montre comment une parcelle hétérogène est divisée en strates, avec des points d'échantillonnage répartis aléatoirement au sein de chacune. Elle offre une représentation visuelle claire de la mise en œuvre de l'échantillonnage stratifié dans un milieu terrestre.

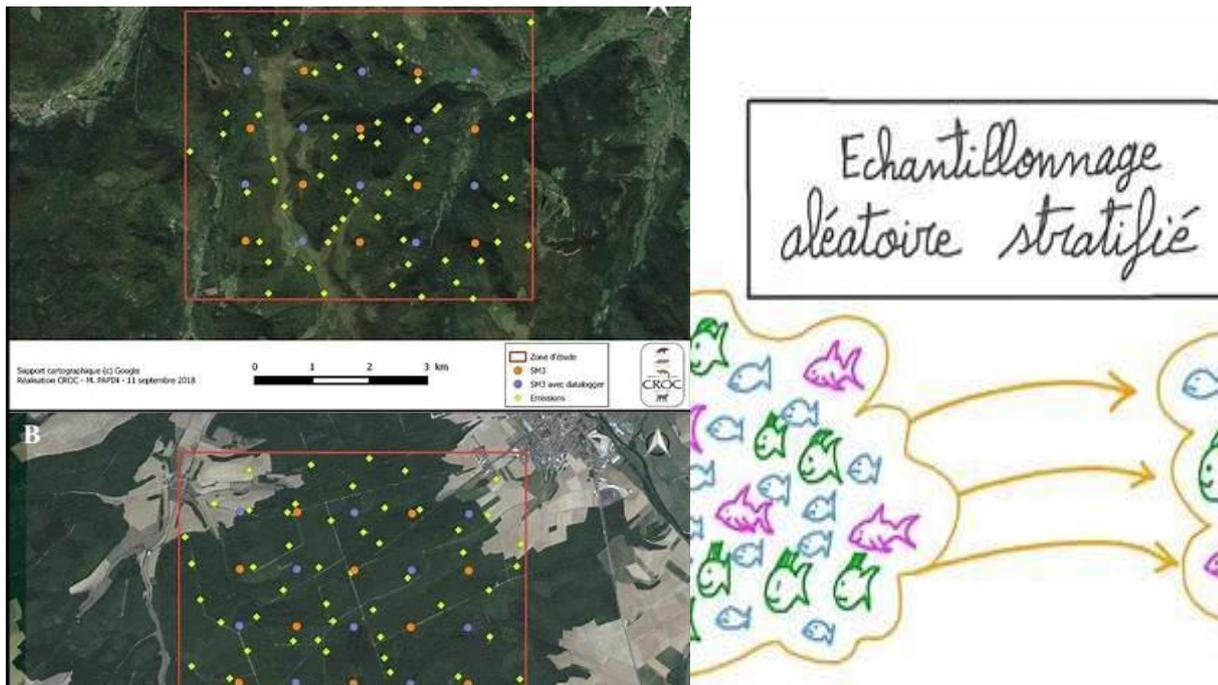


Figure 5 : Illustration de l'échantillonnage stratifié du milieu terrestre

4.Échantillonnage par transects

L'échantillonnage par transects est une méthode couramment utilisée en écologie pour étudier la distribution des espèces et les caractéristiques des habitats dans les milieux terrestres. Cette approche consiste à tracer des lignes droites, appelées transects, à travers la zone d'étude, le long desquelles des observations ou des prélèvements sont effectués à intervalles réguliers (Fig. 6).

✓ Principe de l'échantillonnage par transects :

-Mise en place des transects : Les transects peuvent être disposés de différentes manières selon les objectifs de l'étude et la topographie du terrain. Par exemple, ils peuvent être parallèles, perpendiculaires à un gradient environnemental, ou encore radiaires autour d'un point central. La longueur et l'orientation des transects dépendent des spécificités du site étudié.

- Collecte des données : Le long de chaque transect, des relevés sont effectués à des points déterminés, soit de manière continue, soit à intervalles fixes. Ces relevés peuvent inclure des observations directes, des mesures environnementales, ou des prélèvements d'échantillons.

-Des lignes sont tracées sur le terrain et des échantillons sont prélevés à intervalles réguliers.
-Utilisé pour les études de végétation et de faune.

✓ Avantages de la méthode :

-Efficacité : Permet de couvrir de grandes surfaces avec un effort d'échantillonnage réduit.

-Simplicité : Facile à mettre en œuvre et à reproduire.

- Adaptabilité : Peut être appliquée dans divers types d'habitats et pour différentes échelles d'étude.

Limites potentielles :

- Biais possibles : Si les transects ne sont pas placés de manière appropriée, ils peuvent ne pas représenter toute la variabilité de la zone étudiée.

- Influence de la topographie : Les caractéristiques du terrain peuvent affecter l'accessibilité et la disposition des transects.

En résumé, l'échantillonnage par transects est une technique précieuse pour les études écologiques, offrant une approche structurée pour la collecte de données sur le terrain.

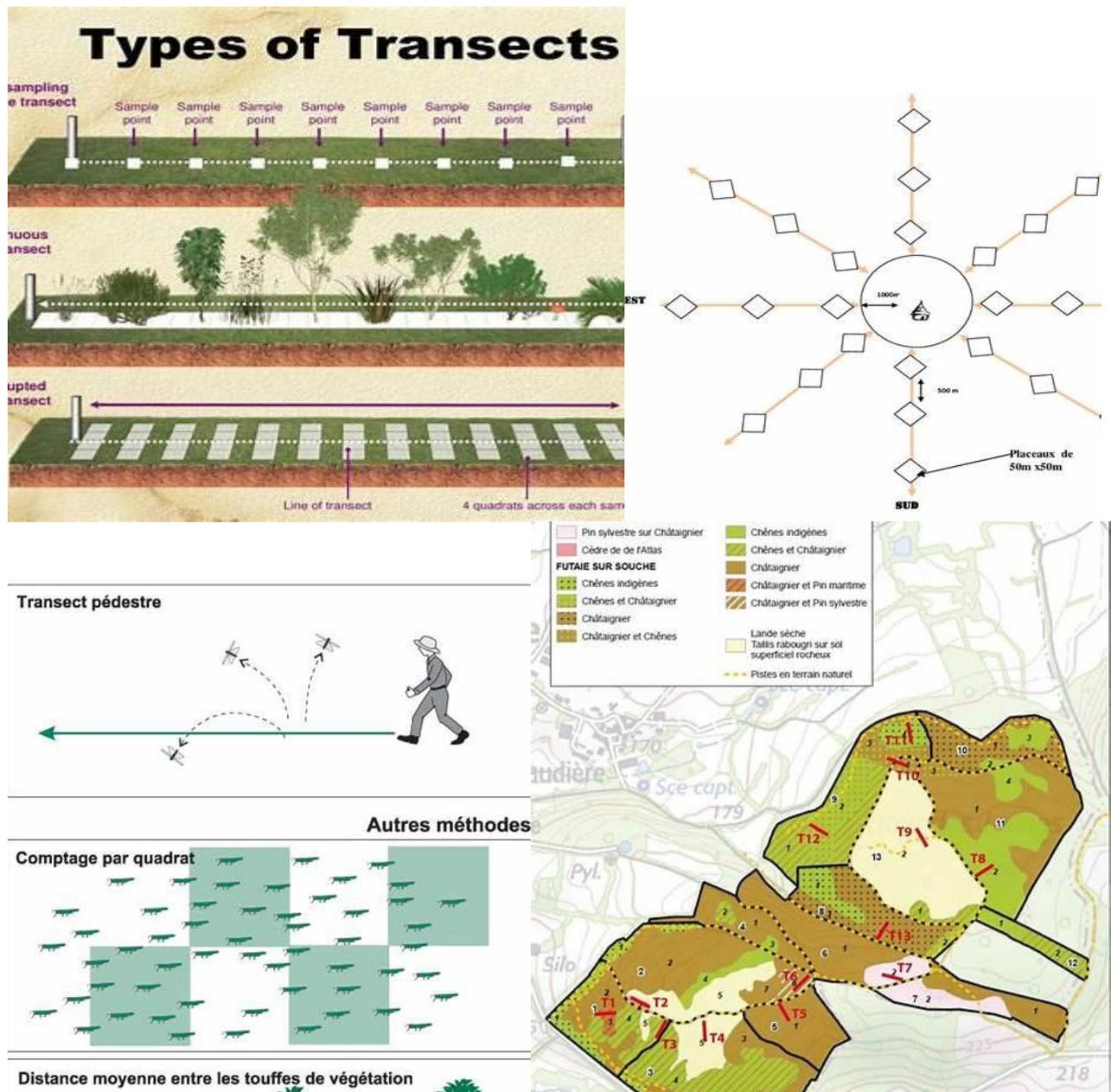


Figure 6: Illustration de la mise en place d'un transect dans un environnement terrestre, avec des points d'échantillonnage le long de la ligne.

5. Échantillonnage ciblé (ou dirigé) :

L'échantillonnage ciblé, également appelé échantillonnage dirigé, est une méthode utilisée en écologie terrestre pour concentrer les efforts de prélèvement sur des zones spécifiques, identifiées comme étant d'un intérêt particulier ou présentant des caractéristiques distinctes. Cette approche est particulièrement utile lorsque l'on souhaite étudier des habitats rares, des zones potentiellement contaminées ou des populations d'espèces spécifiques (**Fig. 7**).

✓ Principe de l'échantillonnage ciblé :

- **Sélection des sites** : Les sites d'échantillonnage sont choisis en fonction de critères prédéfinis, tels que la présence d'une espèce cible, des signes d'activité animale, des types de végétation particuliers ou des zones suspectées de contamination.

- **Collecte des données** : Les données sont recueillies de manière intensive sur ces sites spécifiques, permettant une analyse détaillée des paramètres d'intérêt.

- Prélèvements effectués sur des zones spécifiques présentant un intérêt particulier (ex : zones polluées, habitats rares).

✓ Avantages de la méthode :

- **Efficacité** : En concentrant les efforts sur des zones d'intérêt particulier, cette méthode permet une utilisation optimale des ressources disponibles.

- **Pertinence des données** : Les informations recueillies sont directement liées aux objectifs de l'étude, offrant des résultats précis sur les aspects ciblés.

Limites potentielles :

- **Biais de sélection** : Étant donné que les sites sont choisis de manière non aléatoire, les résultats peuvent ne pas être représentatifs de l'ensemble de la zone d'étude.

- **Généralisation limitée** : Les conclusions tirées de l'échantillonnage ciblé peuvent ne pas être applicables à des zones non échantillonnées.

- Idéal pour des études d'impact environnemental. Permet d'étudier des zones particulières.

✓ Inconvénients : Pas représentatif du milieu dans son ensemble.

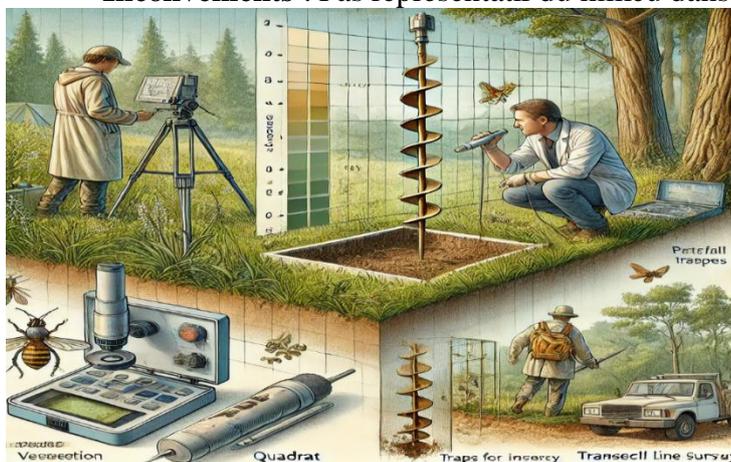


Figure 7: Méthodes d'échantillonnage terrestre, comprenant le quadrat pour l'étude de la végétation, la tarière pour le prélèvement des sols, les pièges à insectes et le relevé en transect.

B. Plans d'échantillonnage des milieux aquatiques : L'échantillonnage des milieux aquatiques est une étape essentielle pour l'étude de la qualité de l'eau, de la biodiversité et des impacts environnementaux sur les écosystèmes aquatiques (rivières, lacs, océans, zones humides) (**Fig. 8**).

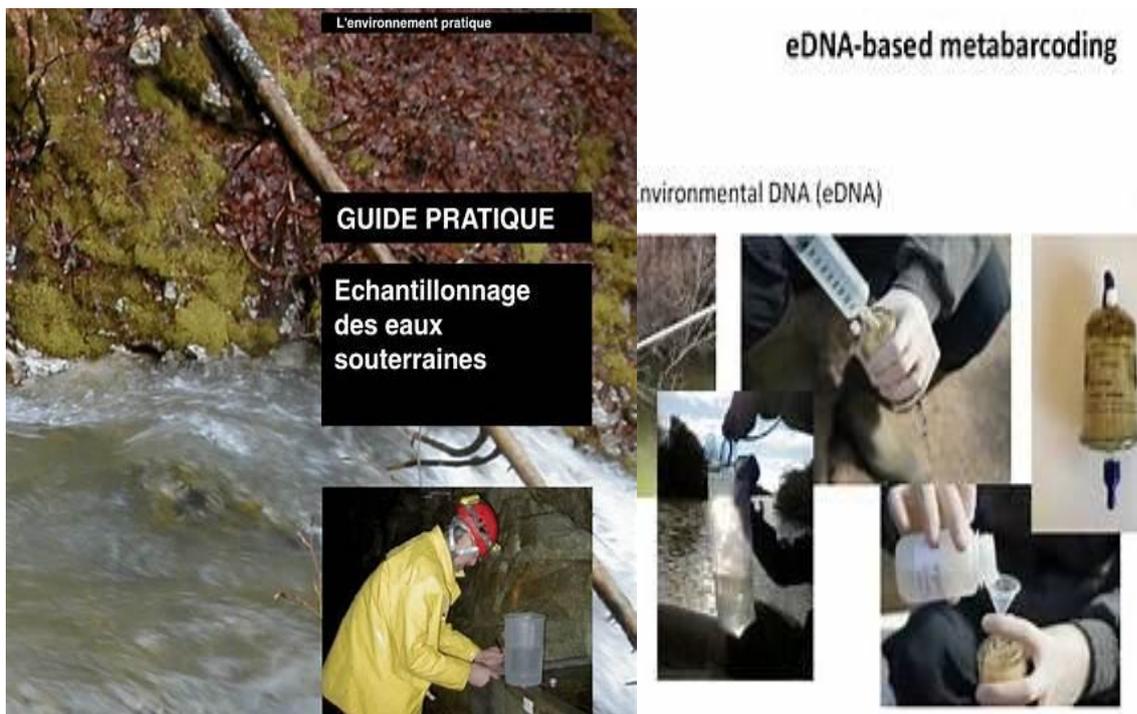
Objectifs de l'échantillonnage aquatique

- Évaluer la qualité physico-chimique de l'eau (pH, oxygène dissous, nutriments, contaminants)
- Étudier la biodiversité aquatique (plancton, macroinvertébrés, poissons)
- Suivre les pollutions d'origine agricole, industrielle ou urbaine
- Analyser la dynamique des écosystèmes aquatiques et leurs évolutions dans le temps

1. Échantillonnage ponctuel

L'échantillonnage ponctuel en milieu aquatique consiste à prélever des échantillons d'eau, de sédiments ou d'organismes à des moments précis et en des points définis, afin d'analyser des paramètres physico-chimiques ou biologiques. Cette méthode offre une "photographie" instantanée des conditions du milieu au moment du prélèvement.

- Prélèvements effectués à un moment et un lieu précis (ex. : mesure de pollution).
- Utile pour des analyses instantanées mais ne représente pas les variations temporelles.
- Adapté pour les études de qualité de l'eau (ex. : pH, oxygène dissous, nitrates).



Protocole d'échantillonnage standardisé des poissons et des habitats des fonds meubles lagunaires par vidéo à 360°



Delphine Mallet (VISIOON), Laurent Wantiez (UNC)
2020

Figure 8: Méthodes d'échantillonnage aquatique

2. Échantillonnage en continu

L'échantillonnage en continu en milieu aquatique est une méthode qui permet de collecter des données sur une période prolongée, offrant ainsi une vision détaillée des variations temporelles des paramètres étudiés. Cette approche est particulièrement utile pour surveiller des fluctuations rapides ou pour obtenir une représentation plus complète des conditions environnementales.

- Utilisation de capteurs pour enregistrer en permanence des paramètres (température, oxygène, pH).
Exemple : mesure continue de la température et de la turbidité.

- Permet une meilleure compréhension des fluctuations naturelles.

✓ Principe de l'échantillonnage en continu :

- Collecte prolongée : Contrairement à l'échantillonnage ponctuel, qui consiste en des prélèvements isolés à des moments spécifiques, l'échantillonnage en continu implique l'utilisation d'équipements capables de mesurer ou de prélever des échantillons de manière constante ou à des intervalles très rapprochés sur une période définie.

- Équipements utilisés : Des instruments tels que des sondes multiparamètres, des analyseurs automatiques ou des dispositifs de prélèvement passifs sont couramment employés. Ces appareils peuvent être déployés in situ pour surveiller des paramètres comme la température, le pH, la conductivité, la concentration en nutriments ou la présence de contaminants.

✓ Avantages de la méthode :

- Détection des variations rapides : Permet d'identifier des changements soudains ou des événements transitoires qui pourraient être manqués avec des échantillonnages ponctuels.

- Données détaillées : Fournit une compréhension approfondie des dynamiques temporelles des paramètres étudiés.

Limites potentielles :

- Coût et maintenance : Les équipements nécessaires peuvent être onéreux et nécessitent un entretien régulier pour assurer leur bon fonctionnement.

- Gestion des données : La quantité importante de données générées nécessite des outils appropriés pour le stockage, le traitement et l'analyse.

En résumé, l'échantillonnage en continu est une technique précieuse pour obtenir des données temporelles détaillées en milieu aquatique, offrant une compréhension approfondie des dynamiques environnementales.

3. Échantillonnage en transects

L'échantillonnage par transects est une méthode couramment utilisée en écologie aquatique pour étudier la distribution des espèces et les caractéristiques des habitats. Cette technique consiste à tracer des lignes droites, appelées transects, à travers la zone d'étude, le long desquelles des observations ou des prélèvements sont effectués à intervalles réguliers (**Fig. 9**).

- Collecte d'échantillons le long d'un trajet défini sur un plan d'eau.
- Prélèvements successifs le long d'une ligne traversant le milieu aquatique.
- Utilisé pour cartographier la répartition des organismes aquatiques ou des polluants.



Figure 9 : Cette image illustre la disposition des transects dans différentes stations aquatiques, montrant comment les lignes de transect sont établies pour l'échantillonnage.

4. Échantillonnage en profondeur

L'échantillonnage en profondeur du milieu aquatique est essentiel pour comprendre la stratification des paramètres physico-chimiques et biologiques dans les colonnes d'eau. Cette approche permet d'analyser les variations en fonction de la profondeur, offrant une vision détaillée des écosystèmes aquatiques.

- Prélèvements à différentes profondeurs pour analyser les variations verticales.
- Réalisé à différentes profondeurs dans une colonne d'eau.
- Essentiel pour les études des lacs, océans et zones stratifiées.

✓ **Méthodes d'échantillonnage en profondeur :**

- Bouteilles de prélèvement : Des dispositifs tels que les bouteilles Niskin ou Nansen sont couramment utilisés pour prélever des échantillons d'eau à des profondeurs spécifiques. Ces bouteilles peuvent être déclenchées à la profondeur désirée pour capturer un échantillon représentatif.
- Sondes multiparamètres : Ces instruments mesurent en continu divers paramètres (température, salinité, pH, oxygène dissous, etc.) le long de la colonne d'eau, fournissant un profil détaillé des conditions en fonction de la profondeur.
- Filets à plancton : Pour l'étude des organismes planctoniques, des filets spécifiques sont déployés verticalement ou horizontalement à différentes profondeurs, permettant de capturer des échantillons représentatifs des communautés présentes.

5. Échantillonnage composite

L'échantillonnage composite en milieu aquatique est une méthode qui consiste à combiner plusieurs échantillons individuels prélevés à différents emplacements ou moments en un seul échantillon représentatif. Cette approche est couramment utilisée pour obtenir une estimation moyenne des paramètres étudiés sur une zone ou une période donnée, réduisant ainsi la variabilité et le nombre d'analyses nécessaires.

- Mélange d'échantillons provenant de plusieurs points pour obtenir une moyenne représentative.

✓ **Principe de l'échantillonnage composite :**

- Collecte d'échantillons individuels : Des échantillons d'eau ou de sédiments sont prélevés à divers points ou moments spécifiques selon un plan d'échantillonnage prédéfini (**Fig. 10**).
- Combinaison des échantillons : Les échantillons individuels sont ensuite mélangés de manière homogène pour former un échantillon composite unique.
- Analyse de l'échantillon composite : L'échantillon composite est analysé pour déterminer les concentrations moyennes des paramètres d'intérêt, tels que les contaminants chimiques ou les indicateurs biologiques.

✓ **Avantages de la méthode :**

- Réduction des coûts : En diminuant le nombre total d'analyses nécessaires, cette méthode permet de réaliser des économies significatives.
- Représentativité accrue : L'échantillon composite offre une image moyenne des conditions environnementales sur la zone ou la période étudiée, réduisant l'impact des variations ponctuelles.

Limites potentielles :

- Perte d'information spatiale ou temporelle : En combinant les échantillons, les variations spécifiques à un point ou à un moment donné peuvent être masquées.

- Dilution des concentrations : Les concentrations de certains analyses présents en faibles quantités peuvent être dilués en dessous des limites de détection lors de la formation de l'échantillon composite.

- Pour une représentation visuelle de cette méthode, vous pouvez consulter l'image suivante :

En résumé, l'échantillonnage composite est une technique efficace pour obtenir une estimation moyenne des paramètres environnementaux en milieu aquatique, tout en optimisant les ressources analytiques.





Figure 10: Méthodes d'échantillonnage aquatique, incluant l'utilisation de la bouteille Niskin pour les prélèvements en profondeur, le filet à plancton, la sonde multiparamètres et le carottier pour les sédiments.

3. Matériel et techniques utilisées :

Pour les milieux terrestres :

- **Quadrats** : Délimitation d'une zone pour l'étude de la végétation
- **Auges et tarières** (carottiers) : pour le prélèvement d'échantillons des sols
- **Pièges à insectes** : (Pièges Malaise, pitfall traps)
- **Filets et nasses** : Capture d'animaux terrestres (petits mammifères, reptiles).

Pour les milieux aquatiques :

- **Filets à plancton** : Collecte des microorganismes aquatiques.
- **Sonde multiparamètres** (Mesure du pH, oxygène dissous, conductivité)
- **Carottiers** pour Échantillonnage des sédiments
- **Nasses** pour l'échantillonnage de la faune aquatique
- **Bouteilles échantillonneuses** (ex. Niskin): Prélèvements d'eau à différentes profondeurs.

4. Exemples d'applications et cas d'étude

- Surveillance de la pollution des cours d'eau : échantillonnage de l'eau et des sédiments pour détecter les métaux lourds et pesticides.
- Suivi de la biodiversité en forêt tropicale : utilisation de Transects et quadrats et pièges à insectes pour recenser les espèces.
- Évaluation des effets du changement climatique sur les océans : mesures des variations de température et d'acidité des océans.
- Étude de la pollution des rivières : Prélèvements d'eau et sédiments en différents points.