

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté des sciences

Département des Sciences de la Nature et la Vie



جامعة محمد وضياف - المسيلة

كلية العلوم

قسم علوم الطبيعة والحياة

Cours Biodiversité et physiologie végétale

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (SNV)

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : MASTER ACADEMIQUE Biodiversité et physiologie végétale

Semestre : 2

Unité d'Enseignement Méthodologique 2

Matière 2: Méthodes d'échantillonnage

Crédits : 3

Coefficient : 2

Chapitre 1 : Structure des peuplements : Richesse, Abondance, Densité, Diversité

Notation de la présence ou de l'abondance

L'appréciation visuelle de l'abondance est sans intérêt sur les petites placettes à l'échelle du fragment de communauté ; elle complique inutilement le relevé, la simple présence étant une information suffisante.

Pour les relevés à l'échelle de l'unité de gestion, l'exercice est inopérant du fait de l'assemblage des communautés sur une superficie élevée. On se contentera au mieux de noter en quelques classes grossières qui demeureront très sensibles à l'effet opérateur (par exemple : accidentel, peu abondant, moyennement abondant, abondant).

À l'échelle de la communauté, l'habitude courante, issue de la phytosociologie, consiste à noter en coefficients d'abondance-dominance qui tiennent compte à la fois du recouvrement et du nombre d'individus sur le relevé (Delpech et al., 1985) :

- i : un seul individu présent, recouvrement < 5 % ;
- r : individus rares ou très rares, recouvrement < 5 % ;
- + : individus très peu abondants, recouvrement < 5 % ;
- 1 : individus peu abondants à abondants, recouvrement < 5 % ;
- 2 : individus en nombre variable, recouvrement entre 5 et 25 % ;
- 3 : individus en nombre variable, recouvrement entre 25 et 50 % ;
- 4 : individus en nombre variable, recouvrement entre 50 et 75 % ;
- 5 : individus en nombre variable, recouvrement \geq 75 % .

Sachant que l'appréciation visuelle du recouvrement est assez sensible à l'effet opérateur, il est inutile de vouloir la noter trop finement. En conséquence, la notation en coefficient d'abondance dominance est tout à fait adaptée et opérationnelle.

Indices de biodiversité envisagés

De nombreux indices de biodiversité existent (Le Tacon et al., 2000 ; Gosselin et Laroussinie, 2004), basés parfois sur des calculs assez complexes. Nous retiendrons ici, parmi les plus simples, ceux qui nous paraissent les plus pertinents pour comprendre l'évolution de la biodiversité floristique.

• *La richesse spécifique totale*

Il s'agit du nombre total d'espèces rencontrées. C'est l'indice de diversité spécifique le plus connu et le plus utilisé. Ce n'est pas le plus intéressant car il mélange toutes les espèces et ne permet pas de comprendre le fonctionnement de l'écosystème. La richesse totale est sensible à l'exhaustivité du relevé mais les erreurs sur l'identité des espèces ont peu d'influence.

• *La richesse spécifique par groupes d'espèces*

Il s'agit ici de décomposer la richesse totale suivant des groupes d'espèces à signification :

- biologique, par exemple : espèces ligneuses, espèces annuelles,
- écologique, par exemple : espèces exigeantes en lumière selon Ellenberg et al. (1992),
- d'habitats, par exemple : espèces préférentielles d'un type d'habitats Natura 2000,
- patrimoniale, par exemple : espèces protégées, espèces figurant sur une liste rouge.

Ces indices de richesse seront d'autant plus sensibles aux variations d'exhaustivité et de reproductibilité entre relevés qu'ils seront constitués d'un faible nombre d'espèces et que celles-ci seront peu fréquentes.

• *La fréquence ou l'abondance d'une espèce*

Donnée élémentaire de base, le travail au niveau de l'espèce est le plus sensible à l'exhaustivité et à la reproductibilité car il n'y a aucune possibilité de compensation avec

d'autres espèces et l'oubli ou l'erreur d'identification a un effet irrémédiable. L'analyse statistique des données ne sera possible que pour les espèces suffisamment représentées. Pour mémoire, nous mentionnerons les indices de diversité de Shannon et de Simpson (Le Tacon et al., 2000), qui associent l'équitabilité et la richesse spécifique totale en considérant que toutes les espèces se valent. Nous pensons que ces indices ont peu d'intérêt car ils sont purement quantitatifs et ne permettent pas de comprendre le fonctionnement des écosystèmes forestiers. Par ailleurs, ils sont le plus souvent corrélés avec la richesse totale, guère plus intéressante mais beaucoup plus parlante et simple à obtenir.

Aire minimale : C'est la plus petite surface nécessaire pour que la plus part des espèces soient représentées. Les espèces en extension sont également notées en prenant en considération les critères d'homogénéité floristique afin d'établir une liste floristique pour la station. La détermination de l'aire minimale d'échantillonnage de la phytomasse épigée varie de 0,5 à 32 m², d'après les **Echelle d'abondance-Dominance (BRAUN-BLANQUET et al 1952)**

Cette échelle permet de représenter le niveau de recouvrement d'une espèce végétale, c'est-à-dire le pourcentage de la surface du sol recouvert par l'espèce en question

Cette échelle concerne les espèces végétales

i : individu unique

r : très peu abondant, recouvrement très faible

+ : Individus rares (Peu abondant) et recouvrement très faible

1 : Individus assez abondants, mais recouvrement faible de 1 à 5%

2 : Individus très abondants, recouvrement de 5 à 25 %

3 : Nombre d'individus quelconque, recouvrement $\frac{1}{4}$ 25% à $\frac{1}{2}$ 50%

4 : Nombre d'individus quelconque, recouvrement $\frac{1}{2}$ 50% à $\frac{3}{4}$ 75%

5 : Nombre d'individus quelconque, recouvrement plus de $\frac{3}{4}$ 75%

La fréquence (F) reflète le niveau de liaison d'une espèce à un milieu donné, et on calcule la fréquence selon la formule suivante : $F=100n/N$ n : nombre des relevés concernant les individus de l'espèce étudiée ; N : La somme des relevés réalisés

Le Tableau nous présente ce qu'on appelle les indices de fréquence :

	Indice de fréquence	Classe de fréquence
Espèce rares	I	$F < 20\%$
Espèce rare	II	$20\% \leq F < 40\%$
Espèce fréquente	III	$40\% \leq F < 60\%$
Espèce abondante	IV	$60\% \leq F < 80\%$
Espèce constante	V	$80\% < F \leq 100\%$

On considère que les espèces dont l'indice de fréquence est V sont bien adaptées au milieu, c'est-à-dire que le milieu leur convient le mieux.

Aire minimale : C'est la plus petite surface nécessaire pour que la plus part des espèces soient représentées. Les espèces en extension sont également notées en prenant en considération les critères d'homogénéité floristique afin d'établir une liste floristique pour la station. La détermination de l'aire minimale d'échantillonnage de la phytomasse épigée varie de 0,5 à 32 m², d'après les expériences réalisées par GOUNOT (1969). L'aire minimale est « l'espace minimum [que demande un individu d'association] pour acquérir le développement auquel correspond l'ensemble spécifique normal » (BRAUNBLANQUET & PAVILLARD, 1928).

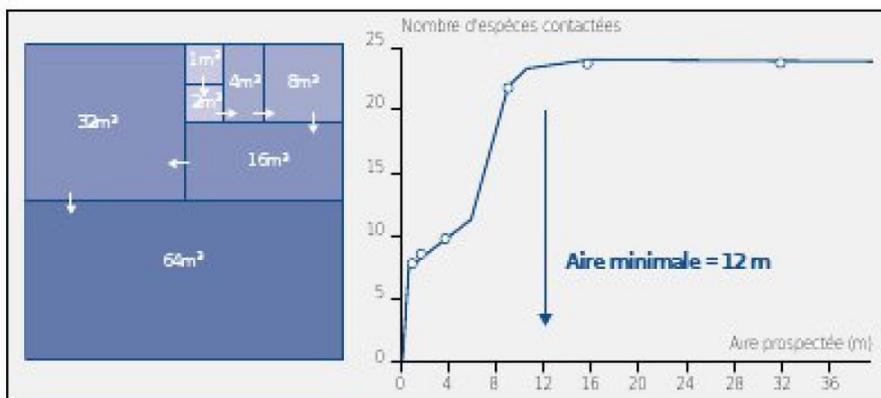


Figure : Détermination

de l'aire minimale

1	3	5
2		
4		
6		

La méthode couramment utilisée à faire la liste des espèces sur une placette de surface 1 très faible. Puis on double cette surface (1+2) et on ajoute les espèces nouvelles qui apparaissent. Par doublements successifs, on est supposé arriver à une surface (1+2+.....+n) à partir de laquelle il n'y a plus (ou pratiquement plus) d'espèces nouvelles qui apparaissent.

L'indice d'abondance-dominance est une estimation globale de la densité (nombre d'individus, ou *abondance*) et du taux de recouvrement (projection verticale des parties aériennes des végétaux, ou *dominance*) des éléments de la synusie (organismes individuels représentant l'idiotaxon élémentaire) dans l'aire-échantillon. Les taux de recouvrement sont estimés *en proportion de la surface effectivement recouverte par l'ensemble des végétaux* de la synusie relevée

Chapitre 2 : Choix et contrainte de l'échantillonnage

Pré-modèle :

Tout modèle comprend la définition d'un certain nombre d'unités fonctionnelles caractérisées par des variables d'état, fluctuant dans l'espace et le temps et reliées entre elles par des flux (de matière, énergie, etc.). Le modèle répond à un certain type de description structurelle et ou fonctionnelle d'un sous système du système écologique qu'il est encore impossible d'appréhender dans sa totalité.

Le pré-modèle doit décrire la structure et le fonctionnement d'un sous système et de rechercher les points d'intervention possible sur le système.

Echantillonnage :

L'échantillonnage est la procédure par laquelle les échantillons (fragment d'un ensemble concret ou abstrait) sont prélevés. On ne mesure pas le tout d'un système biologique, mais un fragment de l'ensemble (de ce tout) prélevé pour juger de certaines propriétés de ce tout. Il faut donc clairement exprimer de quelles propriétés on veut juger avant de pouvoir concevoir un plan d'échantillonnage.

Echantillon :

L'échantillon est une collection d'éléments prélevés dans la population statistique (partie de la population que l'on va examiner) selon un processus aléatoire ou une méthode dite à choix raisonné. C'est le fragment d'un ensemble pour juger de cet ensemble.

Élément ou unité d'échantillonnage :

C'est une entité concrète comme un individu, un système, un objet, etc. ou abstraite comme une relation comportementale sur laquelle on mesure ou on observe la variable étudiée.

Population statistique :

Une population statistique est une collection d'éléments, possédant au moins une caractéristique commune, permettant de la définir, de laquelle on extrait un échantillon représentatif et sur laquelle portent les conclusions statistiques.

Population cible :

C'est la population biologique sur laquelle doivent porter les conclusions d'une étude.

Estimateur :

Un estimateur est une expression mathématique qui mesure, à partir de données de l'échantillon un paramètre de la population statistique. Ainsi pour l'échantillonnage aléatoire simple. $y = \sum y_i / n$ est un estimateur de la moyenne y de la population.

Descripteurs :

Les variables pouvant intervenir dans une description de structure ou de fonctionnement d'un objet étudié sont très nombreuses. Ils peuvent être classer en différentes catégories.

1 Descripteurs qualitatifs :

Descripteurs qualitatifs sont des catégories définies sans assignation d'une mesure ni même d'un caractère permettant de les ordonner les unes par rapport aux autres.

2 Descripteurs ordinaux ou semi-quantitatifs :

Descripteurs ordinaux sont définis par l'existence d'une relation d'ordre (plus petite ou plus grande ; ou bien antérieure ou postérieure, etc.) sans toute fois qu'il soit possible de mesurer une distance entre deux états distincts.

3 Descripteurs quantitatifs :

Descripteurs quantitatifs sont définis comme des quantités véritables, pour lesquelles on peut déterminer des rapports et des différences. Cette définition concerne un très grand nombre de descripteurs utilisés en écologie et qui mesure des abondances, des taux, pourcentage, volume, biomasse, etc.

4 Descripteurs complexes ou synthétiques :

Les descripteurs cités ci-dessus sont des descripteurs simples, c'est à dire, caractérisés, pour chaque observation, par un seul nombre ou par la spécification d'une modalité.

Descripteurs complexes permet de rendre compte de plusieurs observations simples dans le même plan d'échantillonnage.

Choix des descripteurs :

Les descripteurs utilisés en écologie sont extrêmement divers. Le choix des descripteurs dépend du type du modèle descriptif ou explicatif attendu en fin d'analyse, c'est à dire, du pré-modèle. Quelques exemples de descripteurs sont cités ci-dessous.

1 Descripteur d'occupation de l'espace-temps :

Ils peuvent être qualitatifs, présence ou absence d'un taxon et indication du type d'occupation du milieu (espèce endogée vie dans le sol ou épiphyte, planctonique, etc.) ; Semi-quantitatifs (échelle d'abondance/dominance) ou quantitatifs (biomasses, effectifs d'organismes par unité de volume ou de surface du biotope).

2 Descripteurs biométriques et démographiques :

Ils sont nécessaires à l'application des modèles dynamiques de populations. Exemple : démographie des populations.

3 Descripteur structuraux :

Outre la structure spatio-temporelle et les structures démographiques, on a des structures liées à la répartition de la biomasse en espèces distinctes (distribution des individus par espèces, diversité spécifique), des structures trophiques, etc. Ces descripteurs peuvent être quantitatif, semi quantitatif ou qualitatif. La structure trophique est décrite par les biomasses relatives des producteurs, des consommateurs et des décomposeurs.

La structure spatio-temporelle : Stratification de la végétation, succession de végétation où chaque stade prépare l'installation du suivant.

4 Descripteurs systématiques :

Les plus fréquents de ces descripteurs sont ceux qui rendent compte de la dynamique d'une biomasse, d'une espèce ou d'un élément chimique (allongement des rameaux). On retrouve les descripteurs biométriques et démographiques, s'il s'agit d'un modèle de dynamique d'une population.

Chapitre 3 : Plans d'échantillonnage : aléatoire, stratifié et systématique

Qualité d'échantillonnage

Echantillonnage aléatoire simple (EAS)

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. Les échantillons sont répartis au hasard. Chaque point dans l'espace étudié a donc une chance égale d'être échantillonné. Les données ainsi récoltées ne sont pas biaisées. A partir d'une carte ou d'une photographie aérienne, l'œil humain ne sait pas choisir les échantillons. Une pratique largement utilisée consiste à utiliser une grille pour les choisir de manière plus aisée. 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'une table de nombres aléatoires ou de tout autre système générant des chiffres aléatoires. 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. Cette méthode se prête aux analyses statistiques, mais elle demande de prélever un grand nombre d'échantillons

Echantillonnage aléatoire et simple

Principe Dans un échantillonnage aléatoire et simple, tous les placeaux d'inventaire ont non seulement la même probabilité de faire partie de l'échantillon mais ils sont aussi sélectionnés indépendamment les uns des autres.

L'échantillonnage aléatoire et simple est une méthode qui consiste à prélever au hasard et de façon indépendante n unités d'échantillonnage d'une population de N éléments. Ainsi, chaque élément de la population possède la même probabilité de faire partie d'un échantillon de n unités et chacun des échantillons possibles de tailles n, possède la même probabilité d'être constitué.

Pour utiliser la méthode d'échantillonnage aléatoire et simple dans un inventaire il faut d'abord disposer de la carte de végétation du site à inventorier. Le dispositif d'inventaire aléatoire suppose une relative homogénéité de la végétation où chaque placeau doit être installé de sorte qu'il n'y ait pas de structure ou de strates. Autrement, ceci traduirait une non-homogénéité de la végétation et pourrait induire des biais d'estimations. Ensuite, on quadrille la carte de végétation du site à inventorier en des layons horizontaux et verticaux.

Avantages et inconvénients

L'échantillonnage aléatoire et simple présente des avantages importants: estimation non biaisée de la moyenne de la population, calcul aisé de l'erreur d'échantillonnage. Avec l'échantillonnage aléatoire, les placeaux sont sélectionnés indépendamment les uns des autres et respectent ainsi le caractère aléatoire des observations nécessaires pour les analyses statistiques. Il a pour inconvénient majeur les pertes de temps consécutives à la dispersion des échantillons. Aussi, il est assez rare que la végétation présente une homogénéité structurale justifiant l'utilisation de ce type d'échantillonnage. En cas de structure non homogène de la végétation, par exemple la présence de différents groupements végétaux au sein de la même végétation, l'échantillonnage aléatoire occasionne une perte de précision dans l'estimation des paramètres. Cette erreur étant surtout liée au fait que les formations végétales sont supposées

dans ce type d'échantillonnage avoir le même poids en termes de superficie ou de densité d'arbres ou encore d'autres critères.

Echantillonnage systématique

Principe

Dans ce type d'échantillonnage, les place aux d'inventaire sont disposés à intervalles réguliers dans la végétation suivant une direction rigide telle que chaque plateau est lié à ses voisins et la sélection d'un plateau donné entraîne systématiquement le choix des autres. Ce type d'échantillonnage est largement utilisé dans les inventaires forestiers nationaux.

Avantage et inconvénients

L'avantage principal de ce type d'échantillonnage est qu'il est plus facile à réaliser sur le terrain, du fait que l'échantillon est réparti de façon égale sur toute la superficie. Comme inconvénients, le calcul de l'erreur d'échantillonnage peut être biaisé si l'on n'y prête pas attention. De même, la moyenne peut être aussi biaisée, notamment dans les cas où il existe une auto-corrélation entre points de sondage (ici des plateaux) géographiquement/spatialement très proches. C'est un échantillonnage souvent recommandé dans les inventaires forestiers à grande échelle comme les inventaires forestiers nationaux.

Echantillonnage aléatoire stratifié

Il est assez courant de prendre en compte la stratification dans les relevés de végétation, en différenciant les strates arborescente haute (> 16 m), arborescente basse (8-16 m), arbustive (2-8 m) et herbacée (0-2 m). Ce complément d'information alourdit le relevé et altère la reproductibilité (l'affectation à des strates étant particulièrement sensible à l'effet opérateur).

Principe

L'échantillonnage aléatoire stratifié consiste à diviser la végétation en unités plus petites (strates) homogènes par rapport à un critère déterminé (le type de groupement végétal, par exemple) afin de limiter le plus possible la variabilité des caractéristiques à estimer. La stratification doit se faire a priori à partir d'images aériennes ou de renseignements antérieurs à l'inventaire. La distinction de différentes strates permet d'adapter à chacune d'elles le taux de sondage adéquat et de déterminer la méthode de collecte des données la plus appropriée.

Dans un inventaire forestier, on peut utiliser la télédétection spatiale ou photos aériennes lors de la première phase. Ceci permettra d'obtenir la description synthétique des peuplements et la délimitation des différents types de peuplement ; ce qui aboutira à une cartographie ou à une stratification. Un peuplement forestier est en effet un groupe d'arbres occupant un domaine donné, suffisamment uniforme du point de vue de la composition floristique, de l'âge et des conditions stationnelles de manière à être distingué des forêts établies sur des aires voisines (Van Laar & Akça, 2007). La seconde phase de l'inventaire consiste alors à collecter les données dans les différents peuplements stratifiés dans la forêt. Généralement, on calcule d'abord le nombre n_T d'unités d'inventaire à considérer dans toute la végétation. Après cela, on calcule le nombre d'unités d'inventaire, n_S à considérer dans chaque strate en utilisant un échantillonnage proportionnel :

$$n_S = n_T \times (A_S/A_T) \text{ (Equation 1)}$$

n_S = nombre d'unités d'inventaire à considérer dans la strate S ; n_T = nombre total d'unités d'inventaire à considérer pour la végétation ; ce nombre est calculé en supposant la normalité de la distribution d'un paramètre (surface terrière par exemple) de la population d'arbres et prend en compte la variabilité du paramètre) ; son calcul est abordé plus loin dans le texte ;

AS = superficie (ou autre critère de discrimination des strates) de la strate ; AT = superficie totale (ou autre critère considéré).

Il est utile de noter que pour la réalisation de tests statistiques de comparaison des strates, un nombre relativement important de données dans chaque strate est nécessaire. Pour cette raison, il est souvent recommandé en pratique de considérer au minimum 5 unités d'échantillonnage (placeaux) par strate, quel que soit les résultats du calcul du nombre d'unités basé sur l'échantillonnage proportionnel.

Avantages et inconvénients

Les principaux avantages de l'échantillonnage aléatoire stratifié sont liés à la possibilité d'estimer pour chaque strate, les moyennes et les variances, et ceci de façon séparée; les dispositifs d'échantillonnage différents peuvent être utilisés dans les différentes strates. Avec l'échantillonnage aléatoire stratifié, les placeaux sont sélectionnés indépendamment les uns des autres et donne ainsi le caractère aléatoire de l'échantillonnage nécessaire pour les analyses statistiques. En outre, la méthode suppose la connaissance préalable de la répartition de certaines strates dans la population et un échantillon doit être prélevé dans chaque strate si l'on souhaite effectuer une estimation relative à celle-ci. C'est la méthode d'échantillonnage la plus utilisée et recommandée pour l'étude de vastes formations végétales.

Chapitre 4 : Echantillonnage des espèces

II. La diversité spécifique

A. Principe

Dans l'étude de la richesse stationnelle (pour un biotope identifié), le niveau de connaissance de la flore ne tient aucun compte de la plus ou moins grande abondance des taxons dans l'unité. Il faut pourtant avoir à l'esprit que l'étude de la végétation porte, du moins en partie, sur l'importance comparée des taxons dans la constitution de la couverture végétale et que cela sous-entend donc leur quantification objective (cf. les protocoles exposés plus haut). C'est donc à ce niveau qu'interviennent les types de pondération que sont le relevé de l'abondance-dominance ou la mesure du recouvrement des taxons.

Quatre types de biodiversité sont classiquement distingués (Whittaker, 1972, 1977 ; Blondel, 1995 ; Barbault, 1997 ; in Daget, 2004) :

– les biodiversités internes (caractérisation) :

. dans une unité hiérarchique de l'espace, qu'il s'agisse d'un relevé, d'une station, d'un biotope ou encore d'un paysage : biodiversité ; il s'agit toujours d'une unité d'espace considérée dans sa globalité ;

. dans un groupe de relevés d'un degré carré, d'un paysage, etc. :

biodiversité . Il s'agit de traiter de la biodiversité de deux (ou plus) stations d'un même ensemble, ces stations étant considérées séparément.

– Les biodiversités externes (comparaison) :

. comparaison de relevés, de stations, d'éléments d'un paysage : biodiversité β ; la comparaison peut aussi, par exemple, concerner deux relevés effectués sur la même station mais à des dates différentes ;

.

comparaison de groupes de relevés, de stations, de paysages :

biodiversité ; ceci peut par exemple consister à comparer la biodiversité de deux paysages.

La diversité maximale correspond également à l'incertitude maximale c'est-à-dire le cas où toutes les contributions de tous les taxons seraient les mêmes.

Pour les divers indices de biodiversité, une espèce rare et une espèce très fréquente ne seront pas considérées comme diversifiantes.

B. Les types de diversité

1. Diversité alpha (diversité- α) ou intrabiotope

Définition & concept

La diversité α est la diversité des espèces dans une communauté (Huston, 1994) ou encore la diversité intrabiotope. Elle peut être évaluée grâce à l'emploi d'indices basés sur des paramètres (l'abondance-dominance ou la contribution spécifique mesurée) relatifs aux taxons considérés séparément.

La diversité est, rappelons-le, maximale dans les peuplements où toutes les espèces ont le même nombre d'individus (Barbault, 1995). A l'inverse, un peuplement dont une espèce est majoritairement dominante affiche une valeur faible de son indice de diversité.

Traitement des données

Parmi les indices proposés dans la littérature, nous retenons :

– l'indice de Shannon & Weaver (Shannon & Weaver, 1949), largement utilisé ; sa valeur est calculée à partir de données quantitatives ou semi-quantitatives de la végétation. A une valeur d'indice élevée (entre 0 et 1) correspond une diversité élevée.

où S = nombre total d'espèces

p_i

$(n_j$

$/N)$, fréquence relative des espèces

n_j = fréquence relative de l'espèce j dans l'unité d'échantillonnage

N = somme des fréquences relatives spécifiques

Interprétation

L'interprétation est complétée par le calcul de l'équitabilité (E) qui, pour l'indice de Shannon & Weaver, répond à la formule suivante :

L'équitabilité est élevée quand toutes les espèces sont bien représentées. Son évaluation est utile pour détecter les changements dans la structure d'une communauté et a, quelquefois, prouvé son efficacité pour déceler les changements d'origine anthropique.

Les indices de dominance (Magurran, 1988) ainsi que l'indice de Hill (1973), non exposés ici, sont également mobilisables.

2. Diversité beta (diversité- β) ou interbiotopes

Définitions & concept

La diversité- β est définie comme étant l'importance du remplacement des espèces ou des changements biotiques le long de gradients environnementaux (Whittaker, 1972).

Elle mesure la diversité entre différents biotopes, ou le long d'un gradient (ou d'un transect), de changements concernant différents sites ou biocénoses. La diversité bêta peut être mesurée en utilisant divers indices de similitude. Son intérêt est dès lors de compléter l'étude de la diversité alpha et de rendre compte de la diversité à l'échelle de la région.

Le fait de disposer de listes floristiques anciennes, établies le long de gradients, peut s'avérer très intéressant en rendant possible l'établissement d'une situation de référence à laquelle les autres données peuvent ensuite être comparées.

Traitement des données

Divers indices permettent d'accéder à une évaluation de cette diversité.

– Indice de Jaccard (1902 ; in Roux & Roux, 1967), déjà évoqué à plusieurs reprises dans ce document (cf. § 'Composition floristique', Chapitre II).

La formule est répétée ici :

où a = nombre d'espèces de la liste a (relevé A),

b = nombre d'espèces de la liste b (relevé B),

c = nombre d'espèces communes aux deux relevés.

Très utilisé, cet indice permet de quantifier la similarité entre habitats. Cette similarité augmente avec la valeur de l'indice.

– Indice de Sørensen (1948) calculé selon la formule :

où, les symboles ont les mêmes significations que dans la formule de Jaccard, les espèces communes ayant, toutefois, un poids plus important.

D'autres indices et d'autres méthodes, non présentées ici, existent pour évaluer la diversité végétale d'une biocénose. Il s'agit par exemple des indices de Whittaker (1960), de Cody (1975), de Wilson et Shmida (1984), de la méthode des diagrammes rang-fréquence (Frontier & Pichod Viale, 1993), etc.

3. Diversité gamma (diversité- γ), biodiversité d'un paysage

La diversité- γ (ou biodiversité régionale ou à l'échelle d'un observatoire) peut être mesurée en utilisant l'indice de Shannon (Shannon & Weaver, 1949) qui prend en compte le nombre et l'importance relative des éléments (i) dans l'espace considéré. La formule a déjà été exposée au § 1 qui précède. Cet indice est considéré comme étant le plus important pour la

détermination de la biodiversité. Il intègre en effet l'ensemble des autres mesures, et est affecté par l'hétérogénéité écologique dans et entre les différents biotopes. En général, les environnements les plus hétérogènes favorisent une plus grande diversité gamma ; ce qui peut, en retour, favoriser l'augmentation de l'hétérogénéité des paysages écologiques.

Diversité au niveau des biotopes

A terme, l'on pourrait espérer que des types de biotopes puissent être décrits et des listes prioritaires établies sur le modèle de ce qui existe en Europe (ex. : programme CORINE). Ce programme européen a développé une classification des habitats selon leur importance dans la conservation de la nature. Il comprend six niveaux de description. Les habitats sont définis à partir des références phytoécologiques. Dans chaque type d'habitat, les paramètres physiques et les types d'écosystèmes et de paysages sont pris en compte.

Les habitats sont cartographiés et géoréférencés dans chaque pays, ce qui constitue la base informationnelle du réseau 'Natura 2000' (Cherpeau, 1996).

Afin de renforcer le réseau Roselt/OSS, il serait possible de cartographier les biotopes de l'échelle sub-nationale, nationale à l'échelle continentale sur la base d'un référentiel plus phytoécologique (y inclus l'occupation des terres) que phytosociologique.

Diversité au niveau des espaces cultivés

Les milieux cultivés et surtout les friches et la jachère comportent une flore souvent très riche au niveau stationnel. Il reste intéressant que les écologues investissent ce secteur.

Diversité au niveau faunistique : Quoique trop rarement abordée, cette diversité doit être également importante à considérer. Il est par exemple évident que la présence, ou l'absence, d'un grand herbivore peut modifier très profondément la biodiversité végétale.

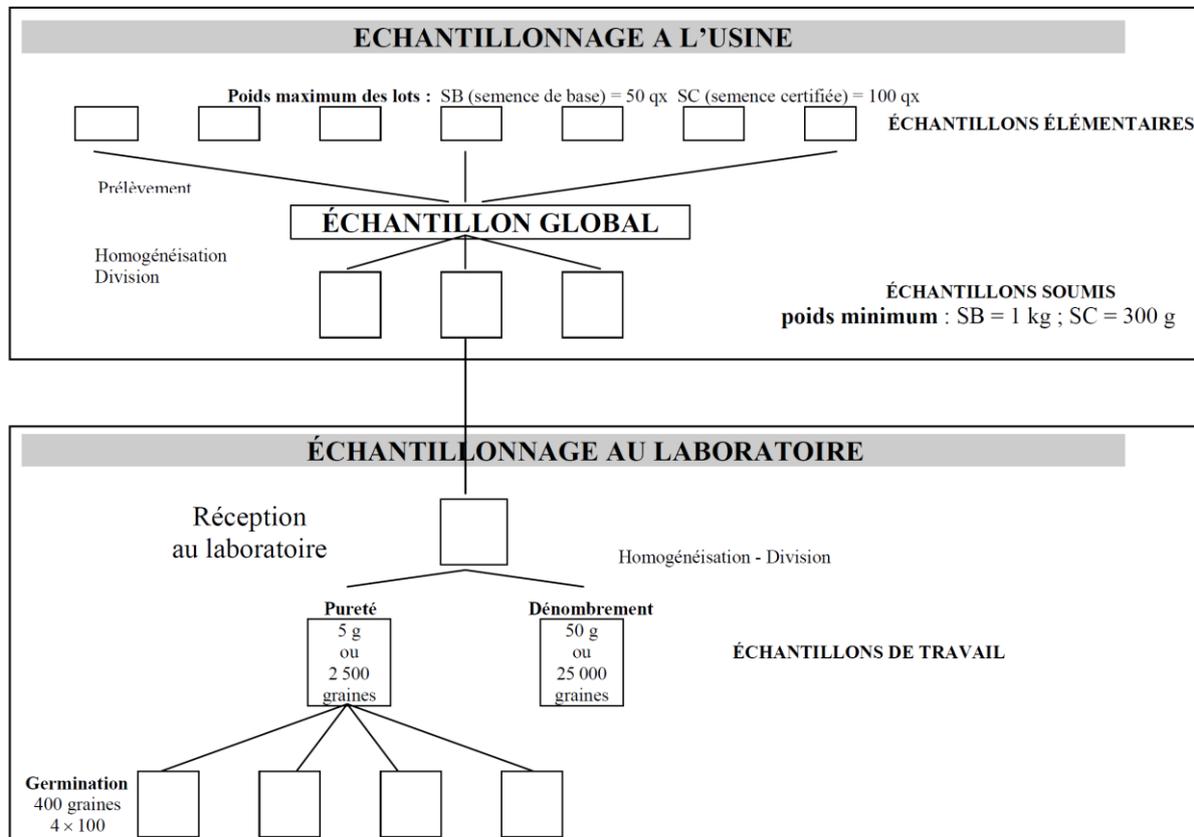
Le niveau de la hiérarchie spatiale que constitue le paysage peut, aussi, être évalué et surveillé sur un certain nombre d'autres paramètres que ceux relevant de la biodiversité. Dans l'absolu, il est d'ailleurs important de retenir que la démarche effective d'accès à la diversité spécifique passe d'abord par la délimitation des paysages puis des biotopes.

Chapitre 5 : Echantillonnage des graines

Les outils statistiques

De nombreuses caractéristiques peuvent être contrôlées sur des lots de semences : la pureté (% en poids de semences pures), la germination (% de semences germées), le dénombrement (nombre de semences jugées indésirables) ; le poids de mille graines (PMG), etc.

ÉCHANTILLONNAGE D'UN LOT DE SEMENCES DE LUZERNE



Les différents prélèvements ainsi que les analyses à réaliser sont soumis à des règles internationales éditées par l'ISTA (International Seed Testing Association). Tous les résultats d'analyse sont comparés à des normes officielles et c'est le SOC (Service Officiel de Contrôle) qui décide de la certification des lots et qui, par conséquent, autorise ou non la commercialisation des lots. Un certificat SOC est alors apposé sur chaque emballage (figure 1). Ce sont le plus souvent des laboratoires spécialisés qui effectuent les analyses, le SNES (Station Nationale d'Essais de Semences) par exemple. Les différents prélèvements ainsi que les analyses à réaliser sont soumis à des règles internationales éditées par l'ISTA (International Seed Testing Association). Tous les résultats d'analyse sont comparés à des normes officielles et c'est le SOC (Service Officiel de Contrôle) qui décide de la certification des lots et qui, par conséquent, autorise ou non la commercialisation des lots. Un certificat SOC est alors apposé sur chaque emballage (figure 1).

Figure 1 : Certificat SOC



Pour chaque analyse de lots, un protocole d'échantillonnage est mis en place. Le schéma correspond au protocole mis en place pour un lot de semences de luzerne afin d'effectuer différentes analyses (Pureté - Dénombrement - Germination). Face à ce type de protocole, différentes questions que l'on se pose peuvent être éclairées grâce à l'outil statistique.

- Comment évaluer l'homogénéité d'un lot pour une caractéristique donnée ?
- Combien de graines prélever pour évaluer par exemple le PMG dans un lot ?
- Combien d'échantillons élémentaires faut-il prélever pour constituer l'échantillon à soumettre au laboratoire ?

Figure 1 : Certificat SOC



1) Évaluation de l'homogénéité d'un lot pour une caractéristique donnée

Il est facile d'imaginer que dans le cas d'un lot homogène un seul prélèvement serait nécessaire pour obtenir un échantillon représentatif du lot. Malheureusement on ne pourra jamais affirmer que le lot est homogène pour l'ensemble des caractéristiques qui doivent faire l'objet de l'analyse (germination, pureté, dénombrement...). Un type d'hétérogénéité est lié au fait que les semences proviennent de champs différents ou de grands champs. Une autre raison fréquente d'hétérogénéité est la mauvaise répartition spatiale des semences lorsqu'elles arrivent à l'usine, due à un effet de secouage lors du transport ou à l'effet d'écoulement lors du déchargement ou encore à l'effet de cône lors du remplissage d'un conteneur. Dans ces différents cas, les petites graines ou les graines lourdes peuvent se retrouver en position basse. On peut évaluer pour un critère donné (la germination par exemple) si le lot à échantillonner est suffisamment homogène.

2) Taille de l'échantillon à prélever

Pour faire comprendre la relation qui peut exister entre l'hétérogénéité d'un lot d'une part et le nombre et la taille des échantillons à prélever d'autre part, des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel EXCEL.

Admettons par exemple que l'on veuille estimer le PMG d'un lot de semences.

Un lot est constitué de 44 000 semences dont le poids de mille graines est distribué suivant une loi normale de moyenne 299 grammes. Dans cette population, on a prélevé au hasard 30 échantillons de x graines ($x = 20$; $x = 50$; $x = 80$; $x = 100$; $x = 200$; $x = 300$; $x = 500$) et à chaque fois, on a calculé le PMG minimum, maximum et moyen.

3) Nombre de prélèvements élémentaires

Le travail des experts chargés d'établir les règles d'échantillonnage consiste à déterminer le nombre minimum de prélèvements élémentaires (ce qui limite les coûts et la difficulté pratique de la réalisation du prélèvement) qui conserve une précision suffisante par rapport aux hétérogénéités susceptibles d'être rencontrées.

B. Matériel d'échantillonnage - Échantillonnage manuel

Pour effectuer les prélèvements élémentaires dans des lots de semences des outils adaptés sont utilisés.

Ainsi pour des prélèvements sur des petits emballages (sacs < 100 kg) ce sont les sondes type de Nobbe qui sont utilisées (photo 1).

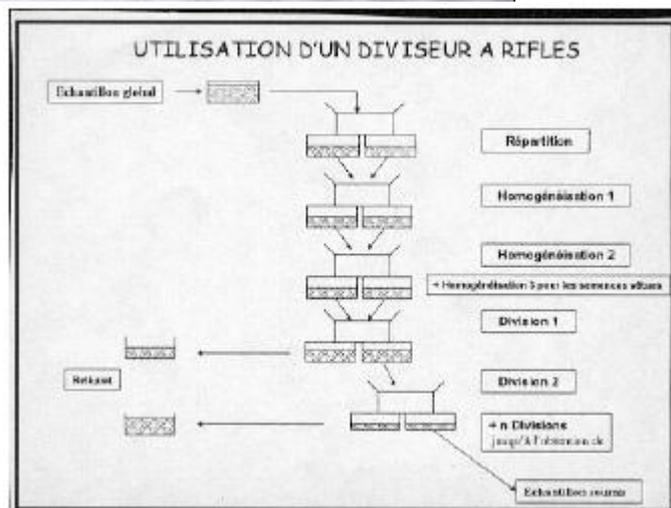


Photo n°1 (diviseur à rifles)

Le diviseur à rifles est utilisé pour réduire l'échantillon global afin d'obtenir un ou, plusieurs sous-échantillons.



Photo n°2

(sonde de Nobbe et canne sonde)

L'intensité d'échantillonnage pour les semences conditionnées en sacs de 100 kg maximum est indiquée dans le tableau ci-dessous. Le nombre d'échantillons élémentaires à réaliser varie en fonction du nombre total d'emballages.

Nombre d'emballages	Nombre d'échantillons élémentaires
1 à 4	3 échantillons pour chaque emballage
5 à 8	2 échantillons pour chaque emballage
9 à 15	1 échantillon pour chaque emballage
16 à 30	15 échantillons au total
31 à 59	20 échantillons au total
60 ou plus	30 échantillons au total

Exercices: déterminez le nombre d'échantillons élémentaires à prélever pour un lot de 2 quintaux conditionné en 25 kg ? (réponse : 16) ; même question pour un lot de 100 quintaux conditionné en 50 kg (réponse : 30).

Pour des prélèvements sur les gros emballages (> 100 kg) : big bag, conteneurs, bennes ... c'est la canne sonde qui est utilisée (photo n°2).

Pour les semences conditionnées en emballages de capacités supérieures à 100 kg l'intensité d'échantillonnage est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Poids du lot	Nombre d'échantillons élémentaires
jusqu'à 500 kg	5 minimum
501 à 3000 kg	1 échantillon élémentaire par 300 kg mais pas moins de 5
3001 à 20 000 kg	1 échantillon élémentaire par 500 kg mais pas moins de 10
20 001 kg et plus	1 échantillon élémentaire par 700 kg mais pas moins de 40

NB : Lors de l'échantillonnage d'un lot composé d'un maximum de 15 emballages, le même nombre d'échantillons élémentaires doit être prélevé sur chaque emballage sélectionné pour l'échantillonnage.

Exercices: déterminez le nombre d'échantillons élémentaires à prélever pour 3 conteneurs de 400 kg ? (réponse : 6 échantillons soit 2 par conteneurs) ; même question pour 40 bigs bags de 600 kg (réponse : 40 échantillons soit 1 par big bag).

On regroupe tous ces échantillons élémentaires pour obtenir l'échantillon global.

A partir de l'échantillon global il faut constituer des échantillons soumis qui doivent être le reflet de l'échantillon global en miniature. Il faut obtenir des fractions qui conservent la représentativité.

Pour obtenir ces fractions on utilise le diviseur à rifles qui permet de réduire correctement l'échantillon global (photo n°1).

Exercice pour leur montrer qu'il est important d'utiliser ce diviseur à rifles.

Un sac de 400 grammes est constitué de 20 graines de sorgho et de graines de maïs. L'objectif est de prélever 4 échantillons de 100 grammes selon 3 méthodes.

φ **Méthode 1** : Une pesée de 100 grammes après homogénéisation « à la main » dans le sac.

φ **Méthode 2** : Une pesée de 100 grammes après une homogénéisation au diviseur.

φ **Méthode 3** : Une pesée de 100 grammes après une homogénéisation et division au diviseur.