

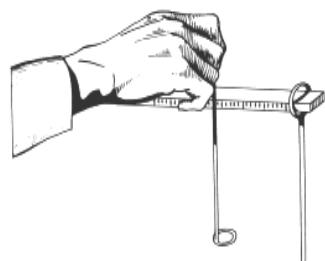
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Seddik Ben Yahia (Jijel)

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de l'Environnement et des Sciences Agronomiques

Méthodes d'Echantillonnage des Peuplements Végétaux (MEPV)



Cours réalisé par :

Mr. KRIKA Abderrezak

Année universitaire 2016/2017

Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Préface.....	01

Chapitre 01. Généralités sur les communautés végétales

1. La physionomie.....	3
2. La structure.....	5
2.1. Structure horizontale (recouvrement).....	5
2.2. Structure verticale (stratification).....	6
2.3. Conséquences de la structure verticale.....	8
2.4. Causes de la structure horizontale.....	8
2.4.1. Biologie de la reproduction.....	8
2.4.2. Action du milieu.....	8
2.5. Echelle d'hétérogénéité.....	8
2.5.1. Milieu exogène et milieu endogène.....	9
3. Evolution des communautés végétales.....	9
3.1. Evolution linéaire.....	9
3.1.1. Evolution progressive.....	9
3.1.2. Evolution régressive.....	11
3.2. Evolution cyclique.....	12

Chapitre 02. Principes généraux de l'étude des communautés végétales

1. Le choix d'une méthode.....	13
2. Eléments constitutifs d'une méthode d'échantillonnage.....	13
2.1. Modèle théorique.....	13
2.2. Plan d'échantillonnage.....	13
2.3. Mesures.....	14
2.4. Interprétation statistique.....	14
3. Echantillonnage subjectif.....	14
4. Echantillonnage au hasard ou échantillonnage aléatoire.....	15
5. Echantillonnage systématique.....	15

5.1. Méthode de De Vries.....	15
5.2. Méthode linéaire.....	17
5.3. Points quadrats.....	18
5.4. Points alignés.....	18
6. Echantillonnage exhaustif.....	19
6.1. Grilles ou bandes de placettes contiguës.....	19
6.2. Lignes de segments contigus.....	20
7. Echantillonnage selon un transect.....	22
8. Echantillonnage stratifié	22

Chapitre 03. Mesures et appareils de mesure

1. Choix des espèces à mesurer.....	24
2. Les différents types de mesures	24
2.1. Mesures relatives à des échantillons de surfaces finies.....	24
2.1.1. La densité.....	24
2.1.2. Le poids.....	24
2.1.3. Le recouvrement.....	25
2.1.4. Le recouvrement basal.....	25
2.1.5. La fréquence.....	26
2.2. Mesures correspondant à des échantillons linéaires	26
2.2.1. La densité linéaire.....	26
2.2.2. Le recouvrement linéaire.....	26
2.2.3. La fréquence linéaire.....	26
2.3. Mesures ponctuelles.....	27
2.3.1. Le point quadrat.....	27
2.3.1.1. Estimation de la surface foliaire (Indice foliaire).....	27
2.4. Mesures relatives à un échantillon non délimité.....	27
2.4.1. L'espacement (la méthode des distances).....	27
2.4.2. Mesure de la biomasse et de la productivité primaire	28
3. Expression des résultats.....	29
3.1. Les proportions	29
3.2. Les indices.....	30

Chapitre 04. Hiérarchisation des communautés végétales

1. Méthodes purement qualitatives.....	31
1.1. Méthodes phisionomiques	31
1.2. Méthode dynamique	31
1.3. Méthodes chorologiques	32
2. Méthodes statistiques qualitatives.....	32
2.1. Méthode sigmatiste ou système de Braun-Blanquet.....	32
2.1.1. Méthode de définition des groupements élémentaires.....	33
3. Méthodes floristiques statistiques simples.....	37
3.1. Méthodes basées sur le calcul d'un coefficient.....	37
3.1.1. Analyse différentielle de Czekanowski.....	37
3.1.2. Méthode de Sorensen.....	38
3.1.3. Analyse des associations interspécifiques.....	38
4. Méthode phytoécologique.....	39
4.1. Notion de groupe écologique.....	39
4.2. Evolution de concept de groupe écologique.....	39
4.3. Notion d'espèce indicatrice.....	40
4.4. Notion de profil écologique.....	41
4.5. Les différents types de profils.....	41
4.5.1. Les profils bruts.....	41
4.5.4.1. Les profils d'ensemble.....	41
4.5.4.2. Les profils des fréquences absolues.....	42
4.5.2. Les profils élaborés.....	42
4.5.1.1. Les profils des fréquences relatives.....	42
4.5.1.2. Profils des indices de fréquences corrigées ou "profils corrigés".....	42
5. Détermination des espèces indicatrices.....	43
5.1. Méthode d'échantillonnage.....	43
5.2. Valeur indicatrice et espèce indicatrice.....	43
6. Evaluation et hiérarchisation des facteurs discriminants.....	44
6.1. Reconnaissance des facteurs efficaces.....	45
Références bibliographiques.....	46
Glossaire	
Annexes	

Liste des figures

Figure 01. Formes biologiques ou types biologiques.....	4
Figure 02. Principaux modes de distribution (individus d'une espèce).....	6
Figure 03. Stratification de la végétation en forêt.....	7
Figure 04. Stratification souterraine d'une formation végétale.....	7
Figure 05. Schéma représentant l'évolution progressive et régressive d'une série végétale...	10
Figure 06. Schéma d'une tourbière haute montrant la répartition différente des espèces.....	12
Figure 07. La sonde de l'école de Wageningen utilisée par De Vries.....	16
Figure 08. Répartition des prises pour l'école de Wageningen.....	16
Figure 09. La saisie d'une pincée.....	16
Figure 10. La méthode linéaire.....	17
Figure 11. Le système de points-quadrats.....	18
Figure 12. La grille de carrés contigus de 1 m de côté proposée par Jaccard.....	20
Figure 13. Mode de fixation du double décamètre utilisé pour la méthode des segments contigus.....	21
Figure 14. Disposition du décamètre en végétation herbacée haute.....	22
Figure 15. Mesure de la hauteur d'un arbre à l'aide de la croix du bûcheron.....	25
Figure 16. Estimation du taux de recouvrement linéaire dans une végétation ouverte.....	26
Figure 17. Le choix de l'emplacement des relevés.....	33
Figure 18. Détermination de l'aire minimale par l'établissement de la courbe aire-espèces..	34
Figure 19. Détermination des descripteurs efficaces.....	45

Liste des tableaux

Tableau 01. Echelle d'abondance dominance définie par Braun-Blanquet.....	30
Tableau 02. Tableau phytosociologique brute.....	36
Tableau 03. Tableau phytosociologique de présence.....	36
Tableau 04. Tableau des fréquences relatives de présence absence.....	39
Tableau 05. Classes des fréquences absolues d'un profil d'ensemble.....	41

Préface

Préface

La végétation est l'une des caractéristiques majeures de la biogéographie et se définit comme étant l'ensemble des communautés végétales renfermant la flore qui consiste en une liste de toutes les espèces végétales d'une région donnée. Recueillir des informations sur la végétation contribue à résoudre les problèmes écologiques liés par exemple à la conservation biologique ou même à prendre des mesures d'aménagement de certains milieux. Cela peut également servir de base pour prédire les changements futurs.

Sur le terrain, écologues et autres naturalistes se voient rapidement obligés de restreindre leurs observations de la nature à des espaces relativement peu étendus. Le premier obstacle qu'ils doivent surmonter est donc celui de la signification de leurs observations en tant que représentation de l'ensemble de leur espace d'étude.

Dans l'impossibilité matérielle de parcourir entièrement les zones à étudier (au regard de leur superficie, de leur accessibilité, de la diversité des facteurs à mesurer), il est souvent prélevé des échantillons représentatifs de l'ensemble de la zone d'étude. Ceci peut résulter de plusieurs causes, telles des contraintes de temps, d'argent ou un manque de personnel qualifié. On ne mesure donc pas « tout » qui peut être un système biologique, mais bien un fragment de l'ensemble, prélevé pour juger de certaines propriétés de ce « tout » d'où la nécessité de l'échantillonnage.

L'échantillonnage de la végétation, mais aussi des états de surface, relève de la théorie générale statistique qui implique de déterminer, dans une population donnée, un échantillon aussi représentatif que possible de l'ensemble et susceptible, après mesures et observations de ses caractéristiques, de définir les propriétés de l'ensemble de la population. Il importe donc, au préalable à toute étude de la végétation, de définir clairement la problématique qui conditionnera :

- la définition d'un plan d'échantillonnage qui sera réalisé selon différentes variantes en fonction des contraintes techniques, scientifiques ou temporelles rencontrées;
- les mesures à réaliser (densité, poids, taille, etc.), selon les choix méthodologiques adoptés, afin de garantir la fiabilité de l'interprétation statistique des données obtenues ;

– l’interprétation statistique des résultats. Il est à rappeler que la statistique est non paramétrique ou paramétrique. La première, généralement moins puissante et aux calculs quelque fois plus fastidieux, est plus rarement utilisée mais présente l’avantage d’être plus robuste quant aux hypothèses posées. La statistique non paramétrique est particulièrement intéressante quand les échantillons sont nombreux et que la distribution s’écarte de la normalité. La statistique paramétrique suppose souvent la présence d’une distribution normale, ce qui n’est pas toujours réalisé.

Un des objectifs de ce cours, destiné aux étudiants de 3^{ème} année Ecologie et Environnement (voir le programme en Annexe 01), est de montrer qu’une étude de végétation est un tout, que les étapes successives de la démarche scientifique sont intimement liées, depuis la collecte sur le terrain jusqu'à la synthèse finale.

Etant donné le manque flagrant constaté par les étudiants sur les questions ayant trait à ce sujet, je viens par l’intermédiaire de ce polycopié, apporter une modeste contribution. Je pense que ce polycopié rendra service aux étudiants et complétera leur connaissance en la matière.

Ce polycopié bénéficiera des critiques et suggestions de mes collègues enseignants experts que je les remercie par avance.

Chapitre 01. Généralités sur les communautés végétales

1. La physionomie

La notion de formation est basée sur la prise en compte des caractères physionomiques de la végétation. Ceux-ci expriment en général la prédominance acquise, au sein d'une communauté, par une » ou plusieurs espèces en fonction du nombre et/ou de la taille de leurs individus. La physionomie particulière qui en résulte dépend essentiellement de la forme biologique (arbre, arbuste, herbe) de ces espèces dominantes, plus précisément de leur type biologique, et non de leur nature sur le plan taxonomique. Le type de formation est donc plus ou moins indépendant de la composition floristique globale du peuplement végétal considéré (Lacoste et Salanon, 2001).

Selon le système établi par le [Danois Raunkiaer \(1905\)](#) pour les plantes supérieures (Phanérophytes), les types biologiques sont définis d'après la morphologie et le rythme biologique du végétal. Plus précisément en fonction de la nature et de la localisation des organes assurant sa survie durant la ou les périodes climatiquement défavorables. C'est en principe à partir des bourgeons qu'il porte, et grâce aux méristèmes abrités par ces derniers, que le végétal pourra ultérieurement reprendre son développement. La classification correspondante, bien qu'initialement conçue pour les pays nordiques, est en fait adaptable à l'ensemble des zones climatiques à saison sèche ou froide bien marquée. Elle permet de reconnaître, principalement d'après la forme sous laquelle le végétal passe cette saison, 05 grands types biologique (fig.01) (Gaudin, 1997 ; Lacoste et Salanon, 2001).

a- Les phanérophytes (Ph) (de *phaneros*, visible) : Dans ce cas, les bourgeons sont portés par des tiges aériennes dressées ligneuses et sont situés conventionnellement à plus de 50 cm du sol. Ces bourgeons sont en toute saison exposés aux rigueurs du climat.

La diversification de ce type biologique conduit à y distinguer les subdivisions suivantes :

- ✓ les *mégaphanérophytes*, arbre de développement maximale (taille supérieure à 40 m), principalement représentés dans les forêts denses tropicales, mais non absents des régions tempérées.
- ✓ les *macrophanérophytes*, arbres de grands développement (de 25 à 40 m) : par exemple Hêtre, Tilleul, Mélèze ;

- ✓ les *mésophanérophytes*, arbres de taille moyenne (de 8 à 25 m) : par exemple Charme, Frêne, Aulne glutineux ;
- ✓ les *microphanérophytes*, arbustes (de 2 à 8 m) : par exemple Noisetier, aubépine ;
- ✓ les *nanophanérophytes*, arbrisseaux (de 0.5 à 2 m) : par exemple Genêts, Groseilliers.

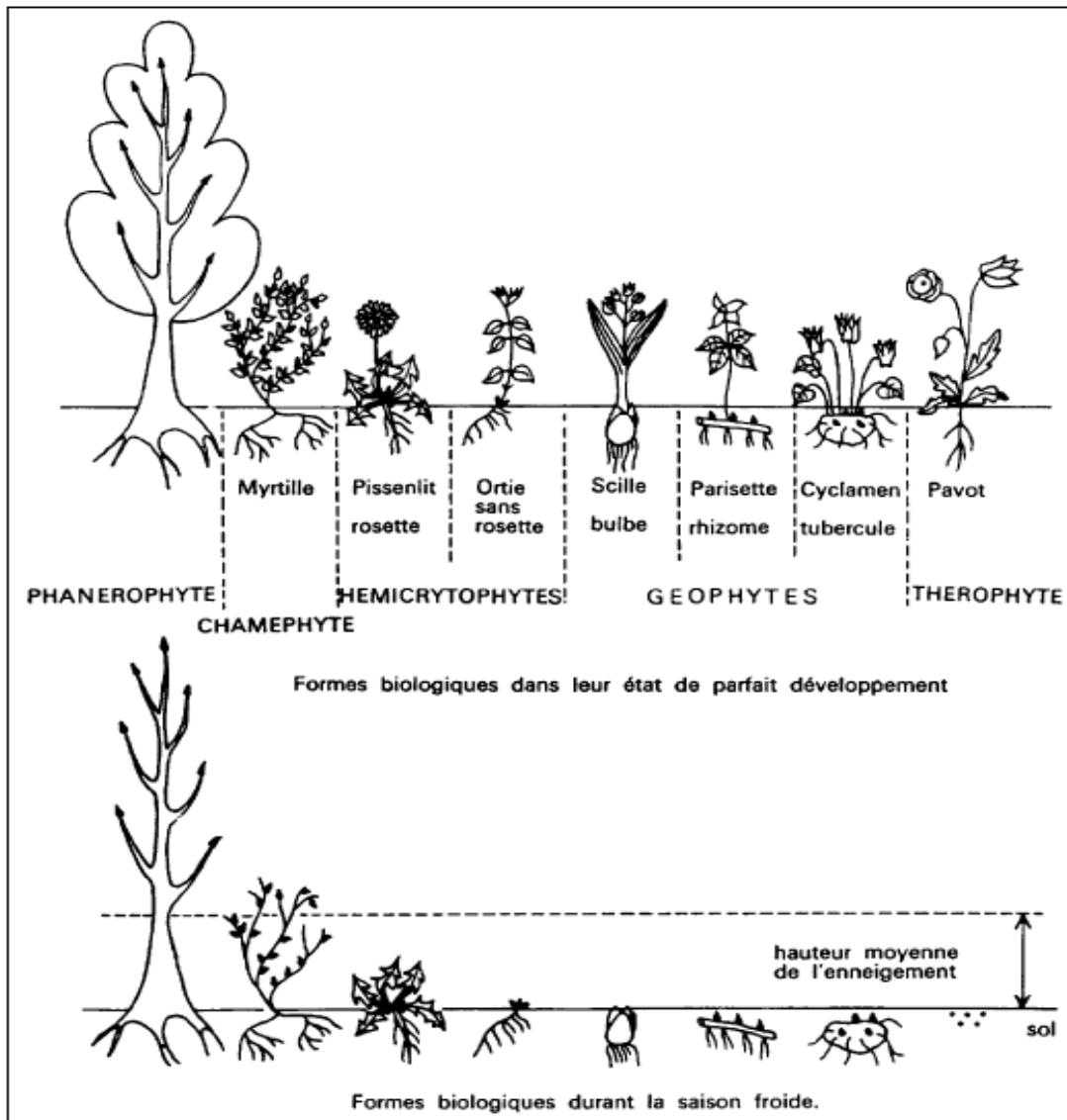


Figure 01. Formes biologiques ou types biologiques (Gaudin, 1997a).

b- Les chamaephytes (Ch) (de *chamai*, à terre) sont des végétaux vivaces et le plus souvent ligneux, dont les bourgeons sont situés à moins de 50 cm au-dessus du sol, sur des tiges dressées (Bruyères, Myrtilles) ou rampantes (Saules mains). Ils bénéficient ainsi d'une relative protection vis-à-vis des contraintes thermiques, ne serait-ce que par le manteau neigeux en périodes hivernales ou par « l'effet de masse » dû à la densité de l'appareil végétatif.

c- Les hemicryptophytes (He) (de *cryptos*, caché) sont des végétaux herbacés, vivaces ou bisannuels, dont l'appareil aérien disparaît en grande pluie à la mauvaise saison. Les bourgeons pérennents sont situés au ras du sol, protégés par la litière de débris organiques et par la neige en période hivernale. Ce type présente une grande diversité morphologique, en particulier dans sa survie végétative, sous la forme de simples bourgeons portés par un rhizome, de rosettes foliaires étalées, ou encore de touffes compactes

d- Les cryptophytes (Cr) sont des végétaux herbacés, vivaces ou bisannuels, mais dont les parties aériennes, plus fragiles et fugaces, disparaissent en principe à la période défavorable ou parfois plus précocement (après la floraison).

Les organes de survie, qui accumulent des réserves sous des formes diverses (rhizome, tubercule ou bulbe) sont enfouis dans la terre, dans la vase ou dans l'eau, ce qui leur assure en toute saison une protection efficace contre la sécheresse, le gel ou les grands écarts thermiques.

e- Les thérophytes (Th) (de *theros*, saison favorable) sont des végétaux herbacés qui représentent le cas extrême de l'adaptation aux rigueurs climatiques. L'ensemble de la plante, à cycle annuel mais parfois à longévité plus réduite, disparaît ou tout au moins ne subsiste qu'à l'état de graines à l'issue de la période favorable à son développement.

2. La structure

La structure de la végétation est définie comme la répartition et l'agencement des plantes les unes par rapport aux autres constituant une formation végétale (Guinochet, 1973). Elle permet d'une part, d'avoir une image réelle ou la représentation de l'ensemble de la végétation et d'autre part, de déterminer l'organisation spatiale des espèces.

La structure de la végétation peut être caractérisée selon deux manières :

2.1. Structure horizontale (recouvrement)

La structure horizontale résulte de la combinaison des modes de distribution des différentes espèces de la communauté, que l'on peut globalement rapporter à trois grands types distincts (fig. 02) :

- régulier ou uniforme (fig. 02a) : ce type est rare en conditions naturelles sauf dans le cas de communautés paucispécifiques, à forte dominance d'une espèce (cas de certaines roselières, par exemple). En revanche, il correspond à celui généralement observé dans les cultures, en ce qui concerne la plante cultivée (par exemple un champ de céréales) ;

- au hasard ou aléatoire (fig. 02b) : les individus de l'espèce sont disséminés au sein de la communauté.
- groupé ou contagieux (fig. 02c) : ce type correspond à des individus distribués de manière grégaire, en groupes d'importance très variable ([Lacoste et Salanon, 2001](#)).

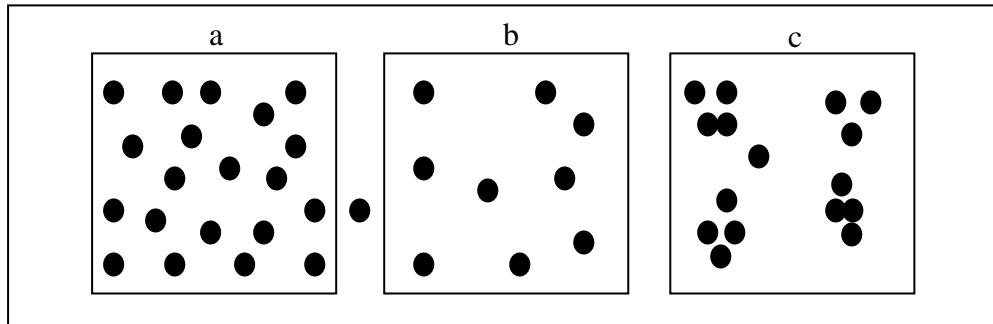


Figure 02. Principaux modes de distribution (individus d'une espèce) (d'après [Lacoste et Salanon, 2001](#)).

2.2. Structure verticale (stratification)

La structure verticale résulte de la répartition dans le plan vertical des systèmes aériens mais aussi souterrains des espèces composantes de la communauté. Cette organisation, ou stratification, reflète dans une large mesure la compétition entre ces diverses espèces tant pour l'espace que pour les éléments nécessaires à leur développement (lumière, eau, ions minéraux, etc.) ([Lacoste et Salanon, 2001](#)).

✓ *La stratification aérienne*

En milieu terrestre, les végétaux des associations sont disposés en plusieurs couches horizontales superposées appelées *strates*. Les strates se définissent comme étant le niveau de concentration maximale de la masse foliaire ([Gounot, 1969](#)). Il existe une stratification aérienne ou épigée qui est la seule réellement observable et une stratification souterraine ou hypogée. La hauteur de ces strates diffère suivant les grands types forestiers. Ainsi, par exemple, dans les forêts équatoriales, la hauteur des arbres géants atteint 80 m alors que celles des arbres du niveau inférieur ne dépasse pas 25 m et celle des arbrisseaux 18 m ([Lacoste et Salanon, 2001](#)).

Dans les régions tempérées, on a coutume de distinguer 5 strates dont les hauteurs varient selon les auteurs.

- La strate arborescente ou arborée : correspond aux arbres de plus de 10 m de hauteur. Cette strate arborescente comprend en général les essences d'arbres caractéristiques de l'association (Chênes, Sapins....).
- La strate arbustive : caractérisée par les végétaux dont la taille varie entre 1 et 10 m. Ce sont la plus part du temps de jeunes arbustes de la strate arborescente mais aussi quelques essences qui ne dépassent jamais une grande hauteur comme le Houx, le Noisetier.....
- La strate herbacée : comme son nom l'indique correspond à celle des grandes herbes, puisqu'elle caractérise les plantes atteignant au maximum 1 m. On y trouve en particulier, en plus des jeunes pousses des strates supérieures, la Fougère, la Bruyère....
- La strate muscinale et licheniques : localisée à la surface du sol. C'est là que poussent les mousses, les lichens et les champignons, mais aussi les jeunes plantules des autres strates (Lacoste et Salanon, 2001).



Figure 03. Stratification de la végétation en forêt (d'après Godron *et al.*, 1988, modifié)

La stratification souterraine correspond à l'étagement dans le sol du système racinaire de divers végétaux constitutifs de la communauté, en fonction de leur type biologique. Compte tenu de cette relation, il existe donc une certaine similitude ou proportionnalité entre les deux types de stratification (fig. 03) (Gaudin, 1997a).

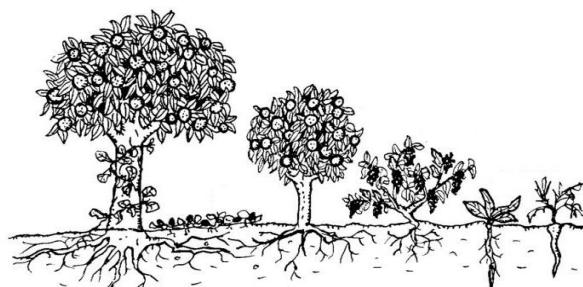


Figure 04. Stratification souterraine d'une formation végétale (Gaudin, 1997a).

2.3. Conséquences de la structure verticale

La structure a pour conséquence de permettre une exploitation plus efficace du milieu en réalisant une occupation aussi complète que possible de l'espace aérien et souterrain, et l'étalement maximal de la période de végétation (périodicité). Ceci a pour conséquence, en associant des espèces d'exigences éco-physiologiques très diverses, de diminuer la concurrence interspécifique et même de favoriser le développement mutuel (Gaudin, 1997a).

La concurrence n'est directe, en effet, qu'entre espèces d'une même strate, d'une même unité floristique et se développant pendant la même période de l'année.

2.4. Causes de la structure horizontale (Lacoste et Salanon, 2001)

L'existence de structures répétitives dans le plan horizontal ou éléments a plusieurs causes possibles : la biologie de la reproduction, l'action du milieu sur la distribution des espèces, l'action des espèces les unes sur les autres, soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire de modification du milieu.

2.4.1. Biologie de la reproduction

La reproduction végétative est toujours à l'origine d'une distribution irrégulière. C'est aussi souvent le cas de la reproduction sexuée, puisque les diaspores peuvent être lourdes et rester au voisinage des plantes mères, ou légères et être dispersées par le vent puis s'accumuler devant les obstacles.

2.4.2. Action du milieu

Le milieu dont il s'agit est le milieu tel que la plante le ressent et non pas le milieu tel que l'écogiste le décompose pour la commodité de son travail. En écologie on distingue classiquement les facteurs suivants :

- ✓ facteurs climatiques : température, humidité, précipitations lumière et vent ;
- ✓ facteurs orographiques : altitude, pente et exposition ;
- ✓ facteurs édaphiques : physico-chimie du sol ;
- ✓ facteurs biotiques : action des organismes vivants.

2.5. Echelle d'hétérogénéité

Le milieu présente presque toujours une certaine hétérogénéité dans le détail et peut être considéré comme une mosaïque de milieux élémentaires. Par exemple pour le sol : des mottes de

tailles plus ou moins variables mais réparties régulièrement, ou l'épaisseur des horizons qui peut varier considérablement. Autre exemple : éclairement dans une forêt qui est à l'origine de microclimats. Lorsque les éléments de la mosaïque écologique sont toujours petits par rapport à l'espace vital de l'espèce qui a le plus petit espace vital parmi celles qui forment le tapis végétal, le milieu est homogène pour la végétation, car chaque espèce se développer dans l'ensemble des milieux élémentaires et jamais sur un seul (Duvigneaud, 1974).

Si les espèces ont des espaces vitaux très différents, le milieu sera homogène pour les espèces de grand espace vital, mais hétérogène pour les espèces de faible espace vital.

2.5.1. Milieu exogène et milieu endogène

Le milieu exogène correspond à l'ensemble des facteurs du milieu existants avant l'installation de la végétation, c'est-à-dire : le climat général, la roche mère, la topographie (lorsqu'elle ne résulte pas de l'action de la végétation), le climat local.

Le milieu endogène comprend l'ensemble des facteurs résultant de l'action de la végétation sur le milieu exogène. C'est-à-dire le sol évolué, le microclimat lié à l'influence des strates supérieures.....etc. Le milieu endogène résulte donc d'une modification du milieu exogène (Lacoste et Salanon, 2001).

L'existence d'un milieu endogène et d'espèces liées à ces conditions de milieu (espèces sciaphiles, humicoles.....etc.) entraîne des relations de dépendance entre les espèces. Plus ces relations d'indépendance et de dépendance sont fortes, plus la phytocénose forme un tout indispensable, plus elle est intégrée (Duvigneaud, 1974).

3. Evolution des communautés végétales

Il existe deux types distincts d'évolution du tapis végétal : l'évolution cyclique et l'évolution linéaire. Du point de vue de la structure, ces deux types d'évolution peuvent aboutir à des mosaïques endogènes (Gaudin, 1997a).

3.1. Evolution linéaire

L'évolution linéaire comporte deux types d'évolutions :

3.1.1. Evolution progressive (fig. 05)

Elle correspond à une variation continue entraînant progressivement la transformation d'une communauté en une autre et la répartition de ce phénomène jusqu'à l'établissement d'une communauté ou une phytocénose terminale, dont la stabilité serait en principe maximale (stade

de climax). Ce processus de succession, bien que plus particulièrement perceptible au niveau de la végétation, affecte également la composante animale qui lui est liée, mais aussi l'ensemble des caractères du biotope correspondant (sol, microclimat). Il traduit donc en effet une évolution générale de l'écosystème stationnel, dans sa structure et son fonctionnement et équivaut finalement à une succession écologique globale, répondant à deux possibilités (Fischesser et Dupuis-Tate, 1996).

✓ Les successions dites primaires

Les successions dites primaires ont pour origine l'implantation des organismes dans un biotope « vierge », c'est-à-dire par colonisation progressive d'un substrat brut (roche mère), sans sol préalablement constitué, au cours d'une phase pionnière (par exemple systèmes dunaires, îlots récemment formés). Elles concernent aussi les stations antérieurement occupées par des organismes, mais ayant fait par la suite l'objet d'une dégradation (érosion) ou d'une intervention humaine, avec remise à nu de la roche mère (Lacoste et Salanon, 1999 ; Guinochet, 1971).

✓ Les successions secondaires

Les successions secondaires correspondent à un processus de reconstitution d'une biocénose préexistante après sa destruction totale ou partielle, donc à partir d'un stade quelconque de la dynamique supposée « naturelle », mais sur un sol déjà constitué. Autrement dit, elles concernent des stations ayant subi antérieurement l'influence des facteurs perturbateurs, soit d'origine naturelle, soit d'origine anthropique (Lacoste et Salanon, 2001 ; Guinochet, 1970).

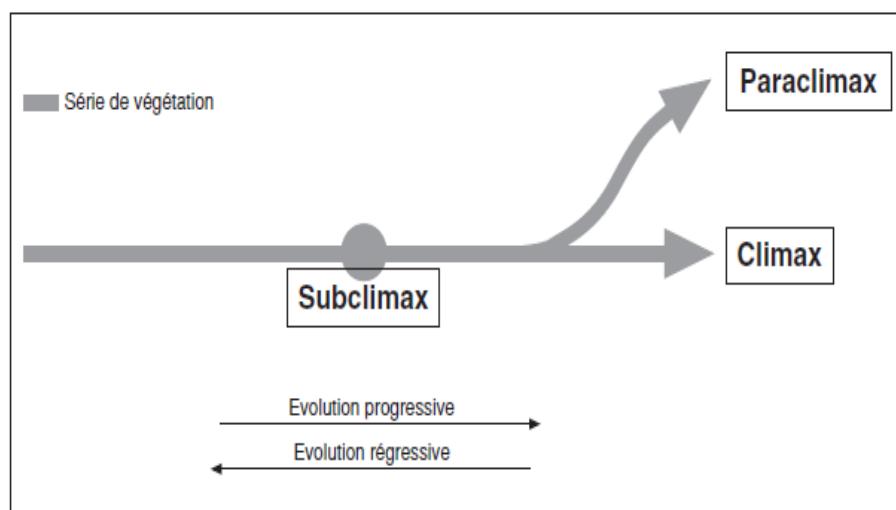


Figure 05. Schéma représentant l'évolution progressive et régressive d'une série végétale (Gaudin, 1997a).

Le passage d'un stade d'évolution progressive à un autre se fait souvent par envahissement le long d'un front continu. Mais il peut se faire aussi sur l'ensemble de la surface, par pôle de développement séparé (correspondant à la présence à différents endroits d'une espèce «édificatrice), les pôles tendant à fusionner progressivement (Gaudin, 1997a).

Exp : passage de la pelouse à *Brachydodium ramosum* à la garrigue à *Quercus coccifera* : le passage se fait souvent par l'intermédiaire d'îlots de *Quercus coccifera* dans la pelouse qui ont tendance à envahir progressivement toutes la communauté (Guinochet, 1973).

3.1.2. Evolution régressive (fig. 05)

Le processus de succession peut être à tout moment entrecoupé, à quelque niveau que ce soit (stades pionniers, intermédiaires ou climaciques), de phases régressives provoquant un retour vers des stades antérieurs, donc moins évolués, de la série dynamique.

Ces phases régressives sont liées à l'apparition d'un facteur de perturbation, d'origine naturelle ou anthropique, au niveau de la ou des stations considérées, ou encore à une modification de l'intensité d'un facteur préexistant (Fischesser et Dupuis-Tate, 1996).

• Les causes naturelles

Les divers types de facteurs environnementaux peuvent contribuer, d'une manière brutale ou progressive, et à des échelles de temps variables, à une remise en cause de l'évolution progressive. Ainsi la régression peut-elle avoir une origine :

- ✓ **Climatique**, liée principalement aux variations cycliques ou exceptionnelles affectant le meso- ou le macroclimat (par exemple phases de sécheresse prononcée en région semi-arides), ainsi qu'aux divers phénomènes météorologiques (par exemple ouragans) ;
- **Les facteurs anthropiques**, on peut considérer que toute intervention humaine affectant le couvert végétal se répercute obligatoirement, à des degrés divers, sur ses modalités d'évolution, ainsi que sur les sols correspondants. Hormis la disparition irréversible de ce couvert (progression du bâti et des infrastructures), qui représente le cas extrême, et la mise en culture régulière qui suspend les processus évolutifs pour une période indéterminée, les répercussions les plus évidentes sur le déroulement naturel des successions sont principalement le fait de l'exploitation forestière (Salanon et Lacoste, 2001).

3.2. Evolution cyclique

Dans de nombreux cas on a une évolution cyclique des éléments de végétation ou phases. Exemple des tourbières à sphaignes : dans ces tourbières, creux et buttes se répètent de façon régulière. En un point où existe un creux, va se développer progressivement une butte édifiée par les sphaignes elles-mêmes, puis cette butte va être remplacée par un creux... etc. En creusant la tourbe, on retrouve les restes fossilisés des espèces caractéristiques des différentes phases superposées dans l'ordre du développement cyclique (Lacoste et Salanon, 2001) (fig. 06).

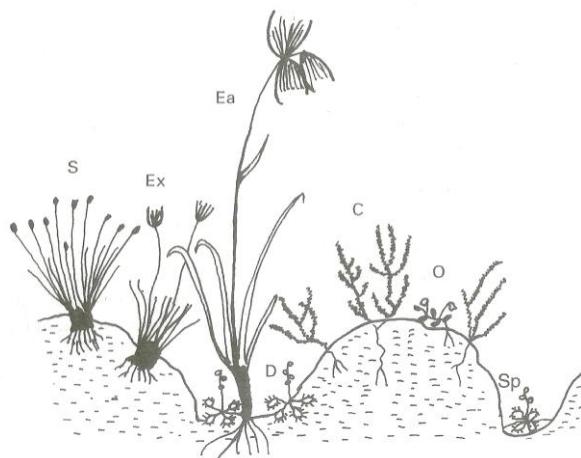


Figure 06. Schéma d'une tourbière haute montrant la répartition différente des espèces (Lacoste et Salanon, 2001).

La callune (C), Scirpus caespitosus (S), Oxycoccus quadripetalus (O) et Eriophorum vaginatum (Ex) se localisent sur les bombements à sphaignes (Sp), Eriophorum angustifolium (Ea) et Drosera rotundifolia (D) dans les creux.



Chapitre 02. Principes généraux de l'étude des communautés végétales

1. Le choix d'une méthode

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...) donc choisir une méthode pour localiser les échantillons. Il conditionne aussi le mode de traitement des données et donc les résultats. Les modalités de l'échantillonnage sont souvent déjà incluses dans les protocoles standards.

Selon le but visé et les contraintes rencontrées, plusieurs plans d'échantillonnage sont disponibles et répondent à des besoins particuliers. Les trois principaux types sont l'échantillonnage aléatoire simple (au hasard), l'échantillonnage systématique et l'échantillonnage stratifié. Mais il en existe d'autres : à probabilités inégales de sélection des unités, subjectif, mixte et par degré (Goldsmith, 1991).

2. Eléments constitutifs d'une méthode d'échantillonnage (Guinochet, 1973)

2.1. Modèle théorique

Tout processus d'échantillonnage suppose un ensemble théorique de tous les échantillons possibles, d'où l'on extrait par un processus défini les échantillons réellement étudiés, à partir desquels on fait des inférences (= déduction) sur l'ensemble théorique. Ceci suppose nécessairement que l'on se fait une idée implicite ou explicite de la structure de l'ensemble théorique.

2.2. Plan d'échantillonnage

L'utilisation optimale d'une méthode de récolte d'échantillons dépend d'un compromis entre divers éléments : objectif de l'étude, échelle d'observation, contraintes variées et impératifs du traitement des données prévu.

Il est de plus en plus évident qu'on échantillonne correctement que si l'on sait ce qui l'on va faire des données et si, d'autres part, on a parfaitement compris que l'échantillonnage est une interaction entre l'objet analysé l'acte d'analyse.

Ainsi, la répartition, au hasard, des placettes de taille arbitraire dans une communauté végétale n'a guère de sens pour la définition de ses propriétés d'ensemble si l'homogénéité de la communauté n'est pas vérifiée et si chaque placette n'est pas représentative de l'ensemble de la

communauté (par exemple si elle ne contient pas l'ensemble des éléments dans leur proportions moyennes).

2.3. Mesures

Concerne surtout les études quantitatives : dans chaque échantillon il est nécessaire de choisir la (ou les) quantités que l'on mesura (poids, densité, etc...) et l'appareillage adéquat (point quadrat, relascope).

2.4. Interprétation statistique

Les résultats sont synthétisés par un ou plusieurs paramètres (moyenne, variance, etc....) auxquels on cherchera à donner une signification statistique, en particulier, en calculant leurs intervalles de confiance.

3. Echantillonnage subjectif

L'échantillonnage subjectif est probablement le plus utilisé, en phytosociologie, car le plus simple à mettre en œuvre. L'opérateur ne dispose généralement que d'un minimum d'informations sur le terrain. Sur la zone d'étude, il prospecte différentes communautés en présence, choisit les plus représentatives et les plus homogènes et y implante ses relevés. Le choix est fait sur la base de l'expérience de l'opérateur et il est possible que deux opérateurs différents arrivent donc à des résultats divergents. Cet échantillonnage, dont une grande part relève des connaissances et de l'expérience du thématicien, est donc subjectif. La pratique montre cependant que des opérateurs aguerris obtiennent sensiblement les mêmes résultats car l'échantillonnage subjectif n'est pas aléatoire et obéit à une méthodologie de travail reconnue [Gounot \(1969\)](#).

En outre, une fois les relevés réalisés, il est possible de procéder aux vérifications d'usage concernant par exemple l'homogénéité (courbe aire-espèces).

Cet échantillonnage est donc souvent pratiqué en l'absence de données de terrain afin d'avoir une idée préliminaire. Cependant, il n'est pas suffisant et doit être ensuite complété par une stratification rigoureuse ([Le Floc'h et al., 2008](#)).

Actuellement, de plus en plus d'études se font dans le sens d'une évaluation quantitative de la végétation à partir des coefficients empiriques phytosociologiques selon une démarche proposée par [Long \(1958\)](#). [Gounot \(1969\)](#) souligne cependant qu'il serait inadéquat, voire dangereux, de remplacer les coefficients empiriques par des mesures, simulant ainsi une approche quantitative.

4. Echantillonnage au hasard ou échantillonnage aléatoire

La procédure peut-être par exemple un tirage au hasard (table de nombres au hasard) (Annexe 2), de points de relevés sur une carte topographique précise. Sur le terrain, il faudra ensuite éliminer un certain nombre de points correspondant à des objets hors étude (bords de routes, maisons, etc.) ([Daget et Poissonet, 2010](#)).

L'inconvénient majeur de ce procédé, reste de sur-échantillonner les milieux les plus étendus et de risquer de sous-échantillonner certaines unités qui, quoique peu étendues, ont une grande importance pour la compréhension du fonctionnement écologique de la zone ([Le Floc'h et al., 2008](#)).

L'on accorde cependant à cette méthode un certain mérite de rapidité et un intérêt de premier niveau d'investigation dans des régions inconnues et pour lesquelles il n'existe aucun document cartographique relatif à des facteurs écologiques majeurs (sols, géologie, climat, etc.) ([Gillet, 2000](#)).

5. Echantillonnage systématique

En substitution, il est possible de procéder à un échantillonnage systématique consistant à avoir recours à un réseau systématique de points (représentant des stations de relevés ou de mesures) régulièrement répartis ([Le Floc'h et al., 2008](#)).

Le procédé est considéré comme étant encore de type probabiliste si au moins l'une des coordonnées du premier point est tirée au hasard. En effet, si cette circonstance est respectée, tous les points de l'espace étudié ont, *a priori*, autant de chances d'être retenus. Si l'espace à étudier présente des irrégularités périodiques régulières, il faut s'assurer que la maille d'échantillonnage ne soit pas (sous peine de prendre le risque d'échantillonner toujours la même unité) de même dimension que l'amplitude de succession périodique des milieux ([Lahondère, 1997](#)).

5.1. Méthode de De Vries

Pour l'analyse des prairies rases, De Vries utilisait un emporte-pièce. Il était constitué d'un cylindre d'acier d'environ 10 cm de haut et 4 cm de diamètre, la section faisant 25 cm² ; la partie inférieure du cylindre est taillée en biseau de façon à la rendre tranchante et une tige de fer est soudée au côté du cylindre ([De Vries, 1937](#)) (fig. 07).

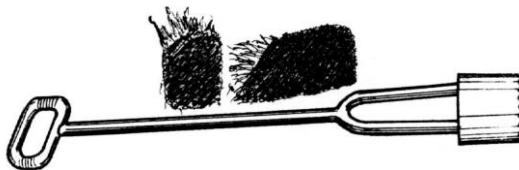


Figure 07. La sonde de l'école de Wageningen utilisée par De Vries (De Vries, 1937).

Le pastoraliste parcours la parcelle soumise à son étude et, de place en place, enfonce le cylindre dans le sol avec le pied puis il le retire au moyen de la poignée. Il lui reste à ôter le "bouchon" de terre et de végétation du cylindre et à l'examiner. En ce qui concerne la répartition des prises, Les pastoralistes de l'école de Wageningen en répartissent 100 le long d'itinéraires parallèles à l'une des diagonales de la parcelle (Daget et Poissonet, 2010) (fig. 08).

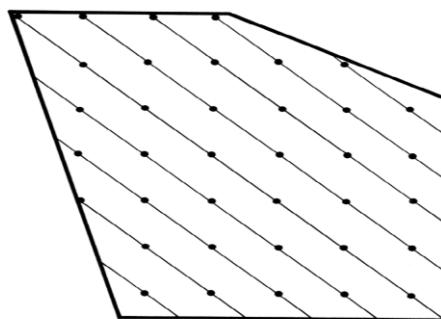


Figure 08. Répartition des prises pour l'école de Wageningen (De Vries, 1937).

Lorsque la végétation est un peu haute, il n'est plus possible d'utiliser une sonde ou un emporte-pièce. De Vries a alors suggéré de pratiquer *la pincée*. Il s'agit de saisir une petite poignée de végétation au ras du sol, et de la retirer en la coupant à la base. Pour pratiquer la pincée il faut fermer le poing puis ouvrir le pouce et l'index de la main en les maintenant parallèles l'un à l'autre (fig. 09) ; la prise est alors de 4×4 cm ou de 5×5 cm. Si la main est grande ouverte, la poignée saisie est trop grande, de l'ordre de 125 cm^2 . Les pincées sont réparties dans la station à analyser de la même manière que les prises à l'emporte-pièce (De Vries, 1937).



Figure 09. La saisie d'une pincée (De Vries, 1937)

Les observations effectuées peuvent être complètes par une note d'abondance (+, 1, 2 ou 3) donnée à chacun des taxons présents; il est souvent plus "rentable" d'augmenter le nombre de prises.

5.2. Méthode linéaire

Le principe est de suivre les variations de la végétation en échantillonnant les points à différentes périodes et selon une maille de lecture plus ou moins lâche. Les points de lecture sont situés le long d'un ruban métallique tendu entre des supports au moyen de pinces sur lequel coulisse une bague de 2,5 cm de diamètre (Parker, 1951, Long, 1958) fixée à l'extrémité d'une tige métallique tendue par des pinces (fig. 10). Le repérage est obtenu à l'aide de trois piquets 'cornières' sur lesquels on trace un trait de repère au niveau du passage du ruban.

Si le ruban métallique est préalablement gradué, il est alors aisé de replacer à chaque fois la bague au même endroit que lors du premier échantillonnage. Sinon, les cotes sur le ruban au point de contact avec les cornières sont notées et ceci permettra de replacer le ruban aux mêmes emplacements. La lecture s'effectue en 100 points de lecture (chiffre variable) équidistants (tous les 10 ou 20 cm, en général), en dénombrant toutes les espèces incluses dans la bague, enracinées ou non. Il est préférable cependant, pour des considérations statistiques, que les points de lecture soient en puissance de 2 (2^n) (Le Floc'h et al., 2008).

Selon Gounot (1969), la méthode conviendrait bien à l'étude de l'évolution des pâturages en zone semi-aride ou dans les autres types de végétation ouverte (groupements halophiles, etc.). Cependant, en pratique, le système est relativement lourd à mettre en place. En outre, hormis la végétation graminéenne, la bague appréhende difficilement les communautés à base de buissons. Cette méthode ne semble pas très appropriée en zones arides surtout en Afrique du Nord et n'a plus la faveur des écologues de terrain.

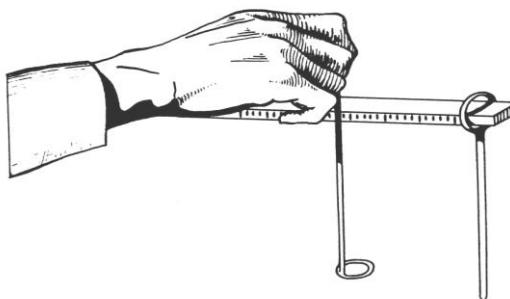


Figure 10. La méthode linéaire (Daget et Poissonet, 2010).

5.3. Points quadrats

La méthode des ‘points quadrats’ consistait en l’assemblage de dix aiguilles alignées (fig. 11). Cette disposition se heurte à des limites statistiques importantes. En effet, [Goodall \(1952\)](#) a montré qu’en réalité la distribution de la végétation est contagieuse ; les points de lectures ne sont pas indépendants et ne suivent donc pas une loi binomiale de distribution. L’échantillonnage par points au hasard serait dans ce cas plus efficace mais on ne serait plus alors dans le cas d’un échantillonnage systématique.

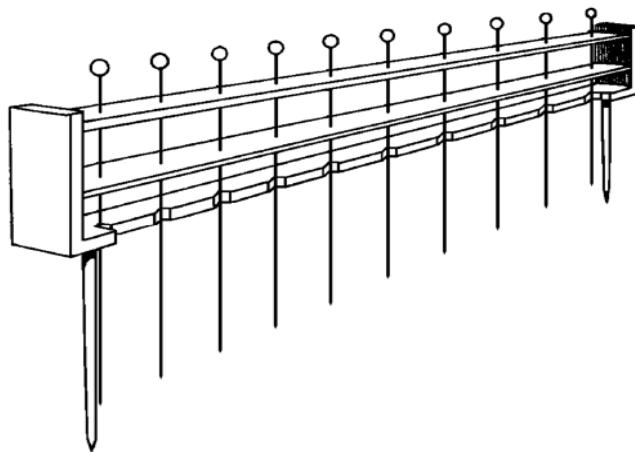


Figure 11. Le système de points-quadrats ([Levy et Madden, 1933](#)).

De nombreuses adaptations et modifications ont été proposées au système pour faciliter les manipulations. Pour que les observations soient faites avec le contact de la pointe de l'aiguille, il faut pouvoir les descendre successivement, et, surtout, progressivement.

Le coulissement des aiguilles dans leur conduit est donc freiné par des forces de frottement assurées par le passage dans un tampon de feutre (comme la bourre des cartouches de chasse) ou dans une pièce de cuir. Ces frottements permettent de maintenir l'aiguille à mi-course quand l'observateur la lâche ; ses mains sont donc libres et disponibles pour retirer la feuille touchée. Une pastille d'aimant permanent a été utilisée pour le même résultat ([Poissonet-ogereau, 1969](#)).

5.4. Points alignés

Le protocole le plus simple, adopté est celui adapté par [Daget et Poissonet \(1971\)](#). La procédure proposée est la suivante :

- ✓ une ligne graduée (il s'agit souvent d'un double décamètre) est tendue dans la végétation. Une aiguille, aussi fine que possible (simulant de fait une ligne de visée), est descendue jusqu'au sol, à intervalles réguliers et repérés dans la végétation, le long de la ligne graduée ;
- ✓ deux personnes (1 lecteur, 1 transcruteur) interviennent pour réaliser le relevé. A chaque point de lecture, le lecteur suit la ligne de visée le long de l'aiguille descendue dans la végétation et annonce successivement le point de lecture et la liste des éléments qui y sont rencontrés. Il s'agit soit d'espèces végétales, dont un organe au moins touche l'aiguille, soit d'éléments de la surface du sol (litière, sol nu, éléments grossiers, végétation basale, etc.) touchés par l'extrémité de la même aiguille arrivée au sol. Le deuxième observateur reporte les informations sur un bordereau préétabli. A noter encore que les mesures gagnent, pour plus de précision, à être effectuées lors de jours sans vent.

La longueur de la ligne mais également l'espace entre les points de lecture, le long de la ligne, varient éventuellement en fonction du type de végétation. La distance entre deux points de lecture le long de la ligne est choisie comme étant inférieure au diamètre moyen des végétaux et à la distance qui sépare deux individus de cette végétation. Les intervalles les plus utilisés vont de 5 à 20 cm avec une préférence marquée pour 10 cm ([Nedjraoui, 1981](#)).

6. Echantillonnage exhaustif

Dans l'analyse exhaustive, l'utilisation même du mot 'échantillonnage' peut poser problème. En effet, il ne s'agit plus d'analyser une partie de la population afin de généraliser les propriétés de l'échantillon à l'ensemble de celle-ci, mais au contraire, d'en expérimenter l'intégralité afin d'étudier l'homogénéité, la structure et même l'aire minimale des échantillons puis de les valider, c'est-à-dire vérifier si elles sont conformes au modèle théorique proposé. L'analyse exhaustive fait suite aux travaux de [Greig-Smith \(1952\)](#). Elle a été reprise par [Slimani en \(1998\)](#) dans les steppes algériennes. Plusieurs techniques sont utilisables dans ce but :

6.1. Grilles ou bandes de placettes contiguës

Jaccard semble bien être le premier à avoir utilisé des grilles de carrés contigus pour l'étude des prairies. Il s'agit de placer plusieurs lignes contenant n carrés ou rectangles contigus au nombre de 2^n pour permettre les regroupements de placettes et faciliter l'interprétation statistique ([Daget et Poissonet, 2010](#)) (fig. 12).

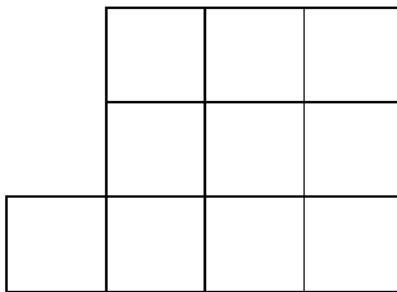


Figure 12. La grille de carrés contigus de 1 m de côté proposée par Jaccard ([Daget et Poissonet, 2010](#)).

La structure de la végétation peut être étudiée de manière fine et les mesures comme la densité et le recouvrement sont facilités. Les placettes peuvent être choisies au hasard si leur nombre est suffisamment important, ce qui n'est généralement pas le cas car le regroupement vise justement à extraire un maximum d'information avec un effort d'échantillonnage minimal. En cas de regroupement, les échantillons ne sont même plus choisis au hasard. Pour lever la contrainte de l'indépendance, la théorie de l'information semble donner des résultats prometteurs pour l'interprétation des résultats car elle se base sur une statistique non paramétrique plus robuste aux conditions d'application ([Le Floc'h et al., 2008](#)).

6.2. Lignes de segments contigus

L'échantillonnage de la végétation par des grilles de carrés est très lourd et aboutit parfois à des problèmes d'interprétation délicats lorsqu'on a pour objectif d'analyser la structure. En effet, ces approches conduisent souvent à regrouper plusieurs unités d'échantillonnage contigus pour en constituer une plus grande ; or, cela change de manière notable la forme de l'unité et il a été démontré que cette forme pouvait avoir une influence notable sur les résultats des analyses d'homogénéité. Cet inconvénient est évité par l'analyse des segments contigus. Elle consiste à faire des observations de fréquences spécifiques au-dessus de segments sans épaisseur disposés en ligne dans la végétation ([Daget et Poissonet, 2010](#)).

Pour ce faire, l'observateur dispose dans la végétation un double décamètre tendu entre deux piquets (fig.13) et note la liste des espèces dont un organe aérien au moins coupe la portion du plan vertical défini par le bord du décamètre situé entre des repères équidistants. En général, on préconise, pour l'analyse des formations herbacées denses un espace de 25 cm ; il faut donc 25 mètres pour avoir 100 unités d'échantillonnage ; dans les formations herbacées ouvertes comme la steppe, les segments peuvent être bien plus longs ([Godron, 1966](#)).



Figure 13. Mode de fixation du double décamètre utilisé pour la méthode des segments contigus (Daget et Poissonet, 2010).

Une règle très simple permet de savoir comment disposer le décamètre dans la végétation :

- ❖ Si la structure horizontale de la végétation semble homogène en première approximation la direction de la ligne et son point de départ doivent être soumis à une randomisation.
- ❖ Si la végétation varie dans une direction particulière (ligne de plus grande pente, gradient trophique, hydrique...) :
 - Lorsque le but de l'analyse est de caractériser une unité particulière, la ligne sera placée parallèlement à cette direction ;
 - Lorsque le but est d'analyser la transition d'un type de milieu à un autre, elle lui sera placée perpendiculairement ;
 - Lorsque le but est de rechercher une zone particulièrement homogène, la disposition perpendiculaire sera choisie.
 - Lorsque la végétation est un peu haute, en savane par exemple, il est recommandé de tendre le décamètre à une certaine distance au-dessus de la surface du sol ; on utilise alors deux aiguilles minces pour matérialiser le segment (Daget et Poissonet, 2010) (fig. 14).

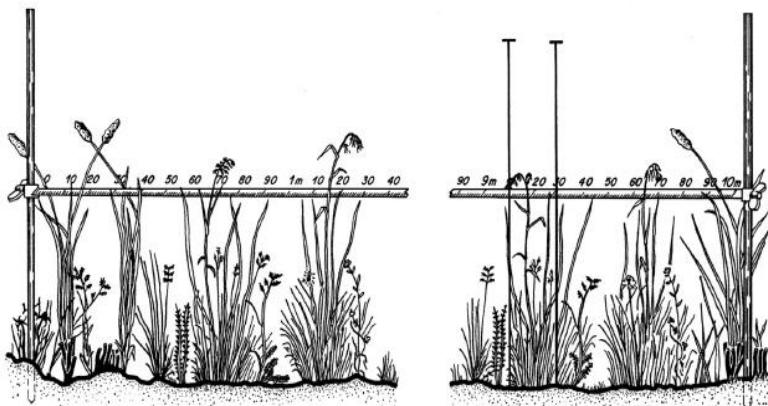


Figure 14. Disposition du décamètre en végétation herbacée haute (d'après Poissonet et César, 1972).

7. Echantillonnage selon un transect

Le transect est un dispositif très précieux lorsqu'on veut échantillonner les relations végétation-milieux selon tel ou tel gradient de variabilité écologique maximale. Par exemple, si le gradient est commandé par « l'altitude », on a intérêt à disposer le transect selon la pente la plus rapide ; dans les terrains salés, on disposera les transects en partant du centre des zones salées et en aboutissant à leur périphérie, si l'on veut tester l'effet de la continentalité pluviométrique dans une région, on établira des transects perpendiculaires aux isolignes qui caractérisent cette continentalité. Toutes les unités présentes sur les transects pourront être étudiées ou seulement certaines d'entre elles (échantillonnage au hasard ou stratifié) (Le Floc'h et al., 2008).

Le transect a le mérite de permettre une étude assez exhaustive et immédiatement démonstrative sur les relations d'ordre entre les espèces, les communautés végétales et les types de milieux.

8. Echantillonnage stratifié

Il évite que les milieux les plus fréquents ne soient sur-échantillonnes au détriment d'autres moins représentés mais éventuellement plus informatifs. Il faut accorder aux scientifiques ayant une longue expérience de terrain qu'ils sont instinctivement susceptibles d'effectuer un échantillonnage qui, malgré une forte subjectivité apparente forte, est de nature probabiliste (échantillonnage de type 'stratifié') (Daget et al., 1997).

Ce type d'échantillonnage est le plus puissant faisant appel à plusieurs sources d'informations. Il vise à découper une zone hétérogène en sous-régions aussi homogènes que

possible qui seront ensuite échantillonnées. Les documents de base sont les cartes thématiques et les photos aériennes. Dans le premier cas, les couches thématiques seront superposées, l'intersection des différentes unités aboutira à une couche synthétique où seront individualisées des unités écologiquement homogènes. Le second cas se base essentiellement sur le recours aux photographies aériennes ou images satellites. Le travail de photo-interprétation permettra de délimiter des zones isophènes supposées être homogènes ([Le Floc'h et al., 2008](#)).

Les zones présentant un aspect semblable, défini par des critères texturaux, structuraux de couleurs et d'environnement, sont délimitées en zones isophènes. Ces dernières traduiront en principe les plages de végétation homogènes. Le travail de laboratoire sera complété sur le terrain afin de vérifier la clé de légende proposée. La vérification portera aussi sur la qualité du travail d'extrapolation des zones homologues de référence dans lesquelles des relevés phytoécologiques ont pu être implantés ([Daget et al., 1997](#)).



Chapitre 03. Mesures et appareils de mesure

1. Choix des espèces à mesurer

Suivant le cas, on mesurera l'ensemble des espèces ou seulement certaines. Pour certaines applications pratiques, on ne choisit de mesurer que certaines espèces (arbres présentant une valeur économique par exemple).

En phytosociologie, l'objectif étant de définir des unités de végétation, il est préférable de mesurer toutes les espèces. Mais, on est amené à négliger des espèces rares ou à regrouper des taxons difficilement distinguables (genre, famille). On peut même choisir de ne mesurer qu'une catégorie déterminée de taxons (Exp : arbres, plantes vivaces ou graminées) ([Le Floc'h et al., 2008](#))..

2. Les différents types de mesures

Les mesures envisageables peuvent se regrouper en quatre types principaux, suivant qu'elles sont faites sur des échantillons délimités ou non et suivant la forme des échantillons : échantillons de surface finie, les lignes, les points, mesures ne nécessitant pas un échantillon délimité.

2.1. Mesures relatives à des échantillons de surfaces finies

2.1.1. La densité

La densité est définie comme le nombre d'individu d'une espèce ou d'une catégorie de plantes par unité de surface. Pour le pastoraliste, elle s'exprime comme le nombre de pieds à l'hectare. L'appréciation de la densité est indispensable au pastoraliste qui tente d'évaluer les potentialités pastorale des steppes et savanes boisées en raison de la consommation par les animaux, sauvages autant que domestiques, des arbres fourragers qui apportent un complément protéinique et en éléments minéraux indispensable en saison sèche où la végétation herbacée ne donne que de la cellulose presque pure ([Daget et Poissonet, 2010](#)).

2.1.2. Le poids

Seul le poids de l'appareil aérien est facilement mesurable et avec précision. Il est préférable d'utiliser le poids sec, après séchage à l'étuve à 105 °C. Les échantillons devront être séchés aussi rapidement que possible pour éviter la poursuite des fonctions vitales qui peuvent aboutir à des modifications pondérales ([Le Floc'h et al., 2008](#))..

Le poids (combiné éventuellement avec des analyses de la teneur en cellulose, en protéines, vitamines, etc..) est le meilleur critère de productivité des pâturages, mis à part l'expérimentation directe avec les animaux. C'est en principe, la référence la plus intéressante pour les pastoralistes.

La pesée espèce par espèce, ou même par groupe d'espèces, est souvent difficile à réaliser, parfois impossible, si les caractères végétatifs des espèces sont trop peu distincts ([Daget et Poissonet, 2010](#)).

2.1.3. Le recouvrement

Le recouvrement total de la végétation exprime le rapport entre la surface couverte par la végétation et la surface totale du relevé ou de l'élément analysé. Il peut être résumé comme étant la projection au sol de l'ensemble des organes vivants des végétaux qui constituent la communauté ou la strate. Il est donné en pourcents (%). Ce recouvrement est donc relatif à l'individu d'association analysé et donc à des conditions écologiques homogènes. Ainsi, pour une végétation se développant dans des fissures, le recouvrement total est estimé sur la surface de ces fissures en excluant les parties rocheuses qui les séparent ([Gillet et al., 1991](#)).

2.1.4. Le recouvrement basal

Le recouvrement basal (appelé surface terrière en dendrométrie) est la surface occupée par les parties aériennes des individus de l'espèce au niveau du sol, dans le cas des arbres, à hauteur de poitrine. On l'exprime par unité de surface (m^2/ha). Elle peut être mesurée, pour les arbres, avec la croix du bûcheron ([Delassus, 2015](#)) (fig. 15).

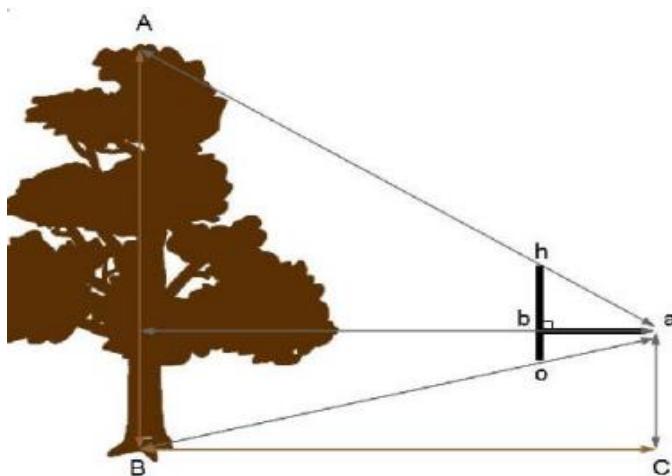


Figure 15. Mesure de la hauteur d'un arbre à l'aide de la croix du bûcheron ([Delassus, 2015](#)).

2.1.5. La fréquence

C'est le pourcentage de placettes contenant une espèce donnée, par rapport au nombre total de placettes étudiées. On peut tenir compte soit seulement des espèces enracinées, soit de toutes les espèces ayant des organes se projetant dans la surface. La fréquence n'a aucun rapport avec la densité ([Faurie et al., 1998](#)).

2.2. Mesures correspondant à des échantillons linéaires

2.2.1. La densité linéaire

Nombre d'individus par unité de longueur. On a les mêmes restrictions d'emploi que la densité sur la surface. L'effet bordure devient très important et limite les possibilités de comparaison des résultats ([Corriol, 2008](#)).

2.2.2. Le recouvrement linéaire

Il consiste à mesurer la longueur recouverte par les diverses espèces le long d'une ligne tendue soit à ras du sol, soit juste au-dessus de la strate dominante. On utilise un fil à plomb si nécessaire ([Delassus, 2015](#)) (fig. 16).

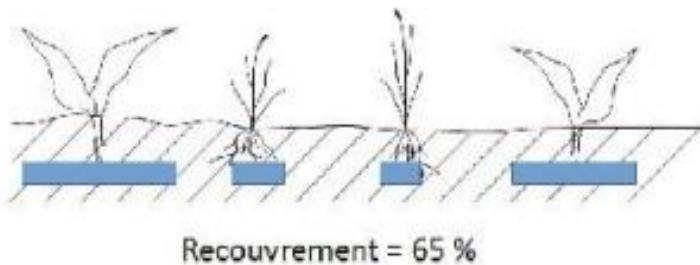


Figure 16. Estimation du taux de recouvrement linéaire dans une végétation ouverte ([Delassus, 2015](#)).

Généralement, tout segment de plus de 1 cm sans végétation est compté sol nu. Le diamètre des individus est compté au minimum pour 1 cm. La longueur des lignes peut être constante (10 m) ou variable avec le degré de recouvrement (16 à 30 m). Les résultats sont donnés par espèce, sans que l'on cherche à déterminer le nombre exact d'individus ni leur position sur la ligne. On utilise généralement un groupe de lignes ([Foucault, 1986](#)).

2.2.3. La fréquence linéaire

C'est le pourcentage de segments d'une ligne où l'espèce est présente. C'est utilisé pour l'étude de la structure d'une communauté ([Foucault, 1986](#)).

2.3. Mesures ponctuelles

2.3.1. Le point quadrat

2.3.1.1. Estimation de la surface foliaire (Indice foliaire)

L'indice foliaire (le LAI pour Leaf Area Index) est un critère très utilisé par les physiologistes qui étudient la production primaire des phytocénoses et par les agronomes qui étudient l'influence des apports azotés sur la dimension des feuilles. Cet indice est le rapport de la surface assimilatrice à la surface du sol, ou le nombre de mètres carrés de surface assimilatrice par mètre carré de sol. Cette surface est «relativement» facile à déterminer dans les formations arbustives en défoliant les arbres et les arbustes et en planimétrant les feuilles (Daget et Poissonet, 2010).

Dans les formations herbacées naturelles, où les gaines des graminées, les pétioles de nombreuses feuilles qui sont parfois cylindriques, et même quelque fois les rameaux (*Spartium junceum*) participent à la fonction chlorophyllienne, cette mesure devient très délicate. Des formules ont été proposées pour avoir une approximation de la valeur cherchée par le biais des points quadrats obliques :

$$\text{LAI} = 23.0 C_{13} + 78.0 C_{52} \quad (\text{Bonhomme, 1970})$$

Où :

C_{13} et C_{52} sont les nombres de contacts donnés par l'aiguille inclinée à 13 ° ou 52 °.

2.4. Mesures relatives à un échantillon non délimité

Ces méthodes permettent des mesures sans délimitation préalable d'un échantillon.

2.4.1. L'espacement (la méthode des distances)

L'espacement pu la méthode des distances permet de déterminer la densité de la répartition d'une espèce par de simples mesures de distances. Souvent attribuée aux américains [Cotam et Curtis \(1956\)](#), sa création est beaucoup plus ancienne puisque Martinet en recommandait déjà l'emploi en 1898.

La méthode comporte deux étapes dans sa réalisation et plusieurs variantes. La première consiste à localiser sur le terrain des points aléatoires ; la seconde à réaliser les mesures de distances selon plusieurs possibilités :

1. mesure de la distance entre chaque point et l'individu le plus proche de chaque espèce ; c'est la méthode du plus proche individu, dite **méthode PPI** ;
2. mesure de la distance entre cet individu et celui qui en est le plus proche ;
3. mesure des distances entre le point et les 4 individus de chaque espèce qui en sont les plus proches dans les 4 quadrants; c'est la méthode des quadrats centrés sur point, dite **méthode QCP** (Daget et Poissonet, 2010).

Il a été démontré que, dans les deux premiers cas, la densité de la répartition de l'espèce en individu par mètre carrés est :

$$d = \frac{1}{4} \times \frac{1}{m^2} \quad (\text{Daget et Poissonet, 2010})$$

m étant l'espacement moyen en mètre obtenu à partir d'une trentaine de mesures ; dans le second cas, elle est :

$$d = \frac{1}{m^2} \quad (\text{Daget et Poissonet, 2010})$$

2.4.2. Mesure de la biomasse et de la productivité primaire (Daget et Poissonet, 2010)

La biomasse est la détermination de la quantité de matière végétale par unité de surface (exprimée en poids de matière sèche ou en kilocalories) et la productivité primaire définie comme l'accroissement de matière végétale par unité de surface et de temps (exprimée en poids de matière sèche ou en kilocalories par unité de surface et de temps). L'estimation de la productivité peut se faire directement grâce à l'étude des flux de CO₂.

Pour cela, on choisit deux quadrats identiques et renverse sur le premier un récipient opaque, sur le second un récipient transparent. Dans le premier cas, la quantité de gaz carbonique produite correspond à la respiration, dans le second cas la quantité de gaz carbonique disparu correspond à l'ensemble photosynthèse + respiration. Cette méthode ne s'applique qu'aux végétaux herbacés de petite taille pouvant être enfermés dans une enceinte. Mais cette méthode n'est utilisable que pour de courtes périodes. Dans toutes les autres méthodes, l'estimation du poids de matière sèche est l'opération essentielle. On peut ensuite faire la conversion en kilocalories grâce à une bombe calorimétrique des biomasses à deux moments successifs.

L'estimation du poids de matière sèche peut se faire directement ou indirectement :

✓ Méthode directe

Il s'agit d'une méthode destructive : on coupe toute la végétation (avec ou sans racine), on fait sécher et on détermine le poids sec et éventuellement l'équivalent calorifique des différentes catégories de matériel végétal distinguées (feuilles, branches, et écorces).

✓ Méthode indirecte non destructive

Il s'agit de relations aussi précises que possible, établies entre une mesure non destructive (diamètre des troncs, points quadrats, etc....) et la biomasse au cours d'essais préliminaires effectués par la méthode directe sur des échantillons convenables.

Les essais les plus intéressants ont été faits sur les arbres, pour lesquels on a pu mettre en évidence des relations assez précises.

[Kittredge \(1944\)](#), utilise la relation :

$$W_L = A \times D^h$$

W_L = quantité de feuilles sur l'arbre.

D = diamètre du tronc à hauteur de poitrine.

A et h = constantes.

3. Expression des résultats

Les résultats des différentes mesures peuvent s'exprimer de différentes manières. Ce sont les résultats tels qu'ils ont été obtenus, par exemple un nombre d'individus par m^2 pour une espèce. Cette forme d'expression est souvent la meilleure parce que la plus directe. Elle ne facilite cependant pas les comparaisons entre plusieurs échantillons quand les valeurs brutes y sont très différentes et que l'on s'intéresse plus aux valeurs relatives qu'aux valeurs absolues. On utilise alors les proportions ([Le Floc'h et al., 2008](#)).

3.1. Les proportions ([Daget et Poissonet, 2010](#))

En ce qui concerne l'expression des résultats de points quadrats, les pourcentages suivants peuvent être calculés :

a)- pourcentage de recouvrement = pourcentage de points où il y a eu contact avec l'espèce étudiée ;

b)- pourcentage de recouvrement que fournit l'espèce par rapport à l'aire totale égal :

$$\frac{\% \text{ recouvrement de l'espèce}}{\% \text{ recouvrement de toutes les espèces}} \times \% \text{ de sol nu}$$

1. **c)**- fréquence relative de l'espèce dans le recouvrement végétal = nombre de contacts avec l'espèce pour 100 points.

d)- pourcentage que chaque espèce fournit au pâturage égal :

$$\frac{\text{Nb de contacts pour 100 points pour l'espèce}}{\text{Nb total de contacts pour 100 points avec une des espèces}}$$

f)- nombre moyen de contact d'une espèce par aiguille par rapport aux aiguilles où il y a eu contact.

3.2. Les indices

De nombreux auteurs utilisent des indices en combinant de façons variées ces mesures pour les ramener à une valeur unique ([Gillet, 2000](#) ; [Dufrêne, 2003](#) ; [Delpech, 2006](#)). L'abondance-dominance de Braun-Blanquet (utilisée en phytosociologie) est un de ces indices. Elle s'apprécie au moyen de l'échelle suivante :

r : individus très rares et leur recouvrement est négligeable

+ : individus rares et recouvrement très faible

1 : individus peu ou assez abondants, mais de recouvrement faible < 1/20 de la surface

2 : individus abondants ou très abondants, recouvrant 1/20 à 1/4 de la surface

3 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/4 à 1/2 de la surface

4 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/2 à 3/4 de la surface

5 : nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 3/4 de la surface

À partir de cette échelle, on peut établir une transformation des coefficients d'abondance-dominance en recouvrement moyen comme suit :

Tableau 01. Echelle d'abondance dominance définie par ([Braun-Blanquet et al., 1952](#)).

Abondance-dominance	Classes de recouvrement %	Recouvrement moyen %
5	75-100	87.5
4	50-75	62.5
3	25-50	37.5
2	5-25	15.0
1	1-5	2.5
+	<1	0.5



Chapitre 04. Hiérarchisation des communautés végétales

1. Méthodes purement qualitatives

1.1. Méthodes phisonomiques (Dupouey, 1988)

Il s'agit de méthodes de classification se basant sur la phisonomie de la végétation sans référence nécessaire à sa composition floristique.

Les unités sont appelées formations, de nombreuses unités ont été systématisées à partir de termes du langage courant qui n'ont pas toujours un sens précis et restent très vagues, tels que forêt, garrigue, maquis, pelouse, steppe.

Exp : sous le nom de steppes on entend des choses souvent très différentes ; steppes continentales (Exp : steppes russes à hiver très rigoureux) et steppe méditerranéenne (à hiver frais) ceci entraîne également des difficultés dans la délimitation des formations sur le terrain : où commence la forêt claire et où finit la forêt steppe ?

Fréquemment on donne le nom de l'espèce dominante à la formation étudiée.

Exp : forêt de chêne liège, steppe à armoise, ...etc.

1.2. Méthode dynamique (Géhu, 1991)

Il s'agit de méthodes s'attachant à reconstituer le tapis végétal primitif en rapport avec le milieu, en se basant sur la succession des séries de communautés végétales et donc sur la dynamique de la végétation.

Exp : successions régressives à partir de la forêt de chêne vert (*Quercus ilex*) dans le bas-Languedoc méditerranéen :

a)- Succession régressive sur calcaire compact :

- Association de chênes verts ; 2- Association à chêne kermès et à Brachypodes ; 3- Pelouse à Brachypodes ; 4- Stade surpâturé à euphorbes.

b)- succession régressive sur sols acides :

-Association à chêne vert ; 2- Association à chêne kermès et romarin ; 3- Maquis à romarin et *Lithospermum* ; 4- Pelouse à *Aphyllea*.

Cependant, il n'y a pas de climax climacique unique dans une région. Très souvent, plusieurs formations forestières coexistent dans une région.

Par exemple, en Afrique du Nord, dans l'étage de végétation humide, existent côté à côté des forêts de chêne liège sur les grès et des groupements très dégradés à Olivier et lentisque sur les marnes et argiles. Il est totalement inconcevable que les sols formés sur marnes aient pu subir une évolution telle que le chêne liège puisse y installer (ou réciproquement). Même quand l'essence climax n'a pas de préférences édaphiques nettes, comme c'est le cas pour le chêne vert en Languedoc méditerranéen, les sous-bois sur marnes, sur calcaires compacts et sur sol siliceux acides sont plus ou moins nettement différents.

Si le climax n'est pas unique, les séries ne vont que partiellement converger et elles se multiplieront en fonction des types de substratum, ce qui complique l'analyse dynamique.

Cette classification ne peut donc jouer le rôle de classification de base. Il s'agit plutôt d'un but à poursuivre.

1.3. Méthodes chorologiques (Goujon, 1969)

Il s'agit d'une classification basée sur la répartition géographique des espèces (chorologie = étude de la répartition des êtres vivants à la surface du globe).

Les aires des espèces sont classées en " géoéléments", caractéristiques chacun d'un domaine phytogéographique (en rapport avec l'histoire de la flore et les conditions climatiques) : Néarctique (Amérique du nord), Paléarctique (Europe + Afrique du nord + Asie), Indomalaise (Inde + Malaisie), Africotropicale (Afrique tropicale), Néotropicale (Amérique du sud), Océanien, Australien, Antarctique.

Cependant, l'aire des espèces est la résultante des phénomènes si complexes et d'amplitude spatiale et historique si grande qu'il est difficile de la prendre comme base d'un système de classification.

2. Méthodes statistiques qualitatives

2.1. Méthode sigmatiste ou système de Braun-Blanquet

Les différentes méthodes passées en revue ci-dessus sont relativement simples, car elles sont basées sur un critère unique ou largement prédominant et font peut appeler aux comparaisons d'échantillons. Avec le système de Braun-Blanquet, nous aborderons des systèmes plus complexes où les comparaisons statistiques, même rudimentaires, jouent un rôle essentiel (Lahondère, 1997).

2.1.1. Méthode de définition des groupements élémentaires

On distingue trois phases pour la détermination de ces groupements.

a)- Reconnaissance préliminaire

Dans une première phase, on parcourt une région suffisamment vaste et variée, afin de constater la répartition de certaines combinaisons quand les mêmes conditions de milieu sont réalisées (Gaudin, 1997b).

b)- Le choix de l'emplacement des relevés

Un relevé de végétation a pour but de décrire au mieux l'individu d'association présent. Ainsi, on doit faire la liste des plantes d'une communauté végétale floristiquement homogène, représentative sur le terrain d'une association végétale (Gaudin, 1997b).

Pour que le relevé soit homogène, on travaille le plus souvent « à choix raisonné », c'est-à-dire qu'on fixe la zone sur laquelle on va faire un relevé en essayant qu'elle soit le plus homogène possible. Bien entendu, cela suppose que l'on sache - avant même de faire le relevé - ce que l'on cherche à déterminer, ce qui peut sembler être une démarche scientifique douteuse ! Toutefois, le choix de l'emplacement du relevé ne se fait pas au hasard, mais en fonction des plantes rencontrées (avec un peu d'habitude, un phytosociologue connaît des groupes de plantes que l'on trouve d'ordinaire ensemble), de la topographie, de la géologie, de la pédologie, des facteurs anthropiques...etc. (Delassus, 2015).

Il faut également tenir compte des formations végétales (par exemple, éviter de faire un relevé assis à la fois sur le bord d'un étang et sur la forêt qui se trouve à côté) et en général éviter les lisières et les zones de transition (fig. 17) (Gaudin, 1997b).

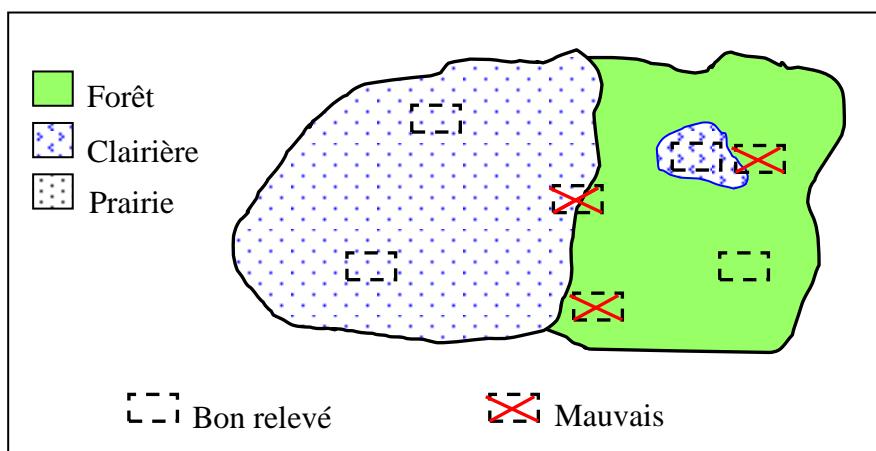


Figure 17. Le choix de l'emplacement des relevés.

La surface à échantillonner pour chaque relevé est variable suivant le type de végétation, mais elle doit être au moins égale à l'aire minimale, définie au moyen de la courbe aire-espèce (fig.18) (Barkmann, 1968 ; Gounot, 1969 ; Gillet et al., 1991).

On peut calculer celle-ci en effectuant des relevés de plus en plus grands et en totalisant le nombre d'espèces rencontrées. Cela donne une courbe du type suivant :

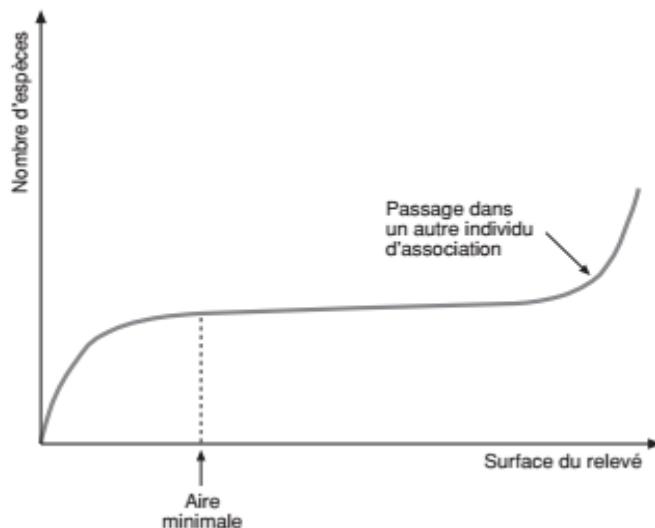


Figure 18. Détermination de l'aire minimale par l'établissement de la courbe aire-espèces (Gaudin, 1997b).

On constate donc qu'à partir d'un certain seuil, on rencontre très peu d'espèces nouvelles. Cela correspond à l'*aire minimale*. Lorsque la courbe monte à nouveau, c'est que la surface du relevé englobe un nouvel individu d'association.

Cette aire minima peut être de l'ordre de 20 à 50 m² en pelouse et prairies et de 100 à 400 m² (1 à 4 ares) en forêt. On peut trouver des aires minima voisines d'un hectare dans les forêts tropicales à flore particulièrement riche (Ozenda, 1982). Fischesser et Dupuis-Tate (1996) donnent les ordres de grandeur suivants pour l'aire minimale :

- forêt : 1 à 2 ares,
- lande : 20 à 100 m²,
- prairie : 10 à 20 m²,
- tourbière : 1 à 5 m²,
- rocher : quelques cm².

Les espèces présentes dans chacun des relevés sont affectées de deux coefficients semi-quantitatifs :

- ✓ le premier exprimant leur *abondance-dominance* (estimation globale du nombre d'individus ou densité et surface de recouvrement) (cf.3.7.1). L'abondance-dominance, grandeur repérable et non mesurable, est surtout exprimée par un pourcentage, entre la surface occupée par le taxon, comparée à la surface totale de la station ([Gorenflo et Foucault, 2005](#)).
- ✓ le second leur *sociabilité* ou *agrégation*, qui est une estimation globale du mode de répartition spatiale et du degré de dispersion des individus représentant un taxon dans l'aire-échantillon. L'échelle retenue est celle donnée par [Gillet \(2000\)](#) :

1 : individus de l'espèce isolés (répartis de façon ponctuelle ou très diluée)

2 : en petits groupes (formant des peuplements ouverts, ± étendus, à contours diffus)

3 : en groupes (formant des peuplements fermés mais fragmentés en îlots peu étendus)

4 : en colonies (formant des peuplements fermés assez étendus, à contours nets)

5 : en peuplements denses (formant des peuplements denses et très étendus).

Ce caractère analytique est plus subjectif que celui de l'abondance-dominance, car il n'a pas la même signification pour chaque espèce ([Rameau, 1988](#)). En pratique, la sociabilité est souvent en relation avec le type biologique des espèces, elle varie aussi pour une même espèce selon les conditions du milieu et les processus écologiques ([Gillet, 2000](#)). Elle possède, toutefois, une valeur informative moindre que le coefficient de recouvrement, c'est pourquoi on l'utilise de moins en moins ([Géhu et Rivas-Martinez, 1981 ; Ozenda, 1982](#)).

c)- *Comparaison des relevés* ([Ellenberg, 1956](#))

Elle se fait au moyen de la méthode des tableaux. On peut distinguer deux phases.

a)- *Le tableau brut* : c'est un tableau à double entrée, les colonnes correspondant aux relevés pris dans un ordre quelconque et les lignes aux espèces inscrites dans l'ordre où elles se présentent dans le premier relevé (tab.02).

On y ajoute à la suite les espèces du deuxième relevé qui ne figure pas dans le premier et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les relevés et toutes les espèces aient été inscrits. Dans la case à l'intersection d'une ligne et d'une colonne, on indique l'abondance-dominance et la sociabilité

de l'espèce dans le relevé. Si l'espèce n'est pas représentée dans le relevé, la case reste vide. Dans le tableau brut, relevés et espèces sont placés sans ordre.

Tableau 02. Tableau phytosociologique brute (Gaudin, 1997b).

	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R 10	R 11	R 12
<i>Anemone nemorosa</i>			+		+		1.4					+
<i>Clematis vitalba</i>								+	+	+		
<i>Cytisus acoparius</i>	3.3			+		1.1					1.2	
<i>Dicranum scoparium</i>				+		+						
<i>Fissidens taxifolius</i>			+		+							
<i>Glechoma hederacea</i>							3.4					2.4
<i>Lathyrus vernus</i>									+	1.1		
<i>Lonicera xylosteum</i>		+							+	1.1		
<i>Luzula sylvatica</i>	2.2					1.2					2.2	
<i>Sambucus nigra</i>			+				1.2					+
<i>Stachys sylvatica</i>					1.4		2.3					
<i>Teucrium scorodonia</i>	1.2			+							1.2	

La méthode des tableaux a pour but de modifier l'ordre des relevés et des espèces de façon à les regrouper de la manière la plus logique possible.

b)- Le tableau de présence : il s'agit d'une transformation du tableau brut, on ordonne les espèces en fonction de leur degré de présence décroissant. L'opération essentielle de la méthode consiste à rechercher s'il n'y a pas des groupes d'espèces qui se rencontrent ensemble dans une partie des relevés et sont généralement simultanément absentes des autres (tab. 03).

Selon leur niveau de présence dans différents groupes, on donne les qualificatifs suivants aux espèces (Foucault, 1979) :

Tableau 03. Tableau phytosociologique de présence (Gaudin, 1997b).

	R 1	R 6	R 11	R 4	R 5	R 12	R 7	R 3	R 9	R 10	R 2	R 8
<i>Cytisus acoparius</i>	3.3	1.1	1.2	+		+						
<i>Dicranum scoparium</i>		+		+				+				
<i>Luzula sylvatica</i>	2.2	1.2	2.2									
<i>Teucrium scorodonia</i>	1.2		1.2	+								
<i>Anemone nemorosa</i>					+	+	1.4	+				
<i>Fissidens taxifolius</i>					+			+				
<i>Glechoma hederacea</i>						2.4	3.4					
<i>Sambucus nigra</i>						+	1.2	+				
<i>Stachys sylvatica</i>					1.4		2.3					
<i>Lathyrus vernus</i>									+	+		+
<i>Clematis vitalba</i>						+			+	1.1		
<i>Lonicera xylosteum</i>							+			1.1	+	+

- ✓ On appelle espèce *caractéristique* une espèce dont la fréquence d'apparition est significativement plus élevée dans un groupement végétal déterminé que dans tous les groupements de même rang syntaxonomique (Gaudin, 1997b).
- ✓ On appelle espèce *compagne* une espèce présente en grande quantité dans un groupement, mais qui n'est pas caractéristique de ce groupement (Gaudin, 1997b).
- ✓ On appelle espèce *différentielle* une espèce ayant une présence plus élevée dans un groupement végétal que dans d'autres groupements de même rang syntaxonomique. Ce n'est pas une espèce caractéristique car une espèce caractéristique a une fréquence plus élevée dans un syntaxon donné que dans tous les syntaxons de même rang. Il faut donc préciser par rapport à quels syntaxons une espèce est différentielle (Gaudin, 1997b).

3. Méthodes floristiques statistiques simples

3.1. Méthodes basées sur le calcul d'un coefficient

3.1.1. Analyse différentielle de Czekanowski

Cette méthode consiste à calculer d'abord le coefficient de Jaccard ou coefficient de similitude, de formule mathématique :

$$J_{xy} = \frac{N_{xy}}{(N_x + N_y) - N_{xy}} \times 100 \quad (\text{Gaudin, 1997b})$$

N_{xy} = nombre d'espèces communes à deux relevés.

N_x = nombre total d'espèces du relevé x.

N_y = nombre total d'espèces du relevé y.

Les relevés obtenus sont groupés en classes auxquelles sont attribués des couleurs ou des symboles différents. On réalise alors une matrice dont les lignes et les colonnes représentent les relevés et leurs intersections les classes d'indices correspondants. Ensuite, par les découpages des colonnes et par leurs déplacements on essaye de rapprocher au maximum les relevés ayant des coefficients de similitude élevés entre eux et faibles avec les autres. On améliore ce premier résultat en découplant cette fois les lignes et en les déplaçant. On arrive de cette façon à former des groupes de relevés qui se ressemblent (Faurie et al., 1998).

3.1.2. Méthode de Sorensen

On calcule le coefficient de Sorensen :

$$S_{xy} = \frac{200N_{xy}}{N_x + N_y} \quad (\text{Sorensen, 1948})$$

Les relevés présentant entre eux des coefficients de similitude supérieurs à une valeur arbitraire ($\text{Exp} > 50$) forment un groupe. En diminuant progressivement la valeur limite pour le coefficient, on obtient des groupes successifs de plus en plus vastes et de moins en moins homogènes. On obtient ainsi une classification hiérarchique des relevés et une appréciation quantitative de l'homogénéité des groupements ainsi définis (Sorensen, 1948).

3.1.3. Analyse des associations interspécifiques

Par cette méthode on cherche à mettre en évidence des groupes d'espèces en liaison positive ou négative dans les relevés, et non des groupes de relevés par la comparaison des listes globales floristiques.

Pour cela on calcule le coefficient de corrélation ou le test χ^2 pour tous les couples d'espèces dans les listes. On met en évidence des groupes d'espèces liées entre elles dont il est souvent facile de vérifier ensuite les affinités écologiques (Faurie et al., 1998).

Une autre méthode consiste à calculer le coefficient d'association de col :

$$Ca = \frac{ad - bc}{(a+b) \times (c+d)} \quad (\text{Gaudin, 1997b})$$

$Ca = 1$: les espèces sont entièrement associées.

$Ca = 0$: les espèces sont indépendantes.

$Ca = -1$: les espèces sont antagonistes.

Pour calculer ce coefficient on dresse d'abord le tableau des fréquences relatives de présences/absences des espèces A et B dans 100 relevés de même surface (Rahaingoson et al., 2014).

L'application de ce coefficient permet d'évaluer le degré d'association d'espèces prises 2 à 2 à l'intérieur d'une communauté végétale donnée (tab. 04).

Tableau 04. Tableau des fréquences relatives de présence absence.

		<i>Espèce B</i>	
		présente	absente
<i>Espèce A</i>	présente	a	b
	absente	c	d

4. Méthode phytoécologique

4.1. Notion de groupe écologique

Un groupe écologique est un ensemble d'espèces indicatrices présentant la même réaction relativement à un ou plusieurs descripteurs écologiques efficaces. Les groupes écologiques sont déterminés par les techniques de l'Analyse écologique (qui sont détaillées dans des ouvrages spécialisés comme celui de [Daget et Godron \(1982\)](#); ils sont donc caractéristiques d'un ensemble de conditions de milieu liées entre elles.

Exemple :

- *Maianthemum odoratum*, *Erythronium denscanis*, *Anemone nemorosa* se trouvent ensemble ou séparément de préférence sur l'humus de la hêtraie de type moder.
- *Hedera helix*, *Polygonatum multiflorum*, *Geranium robertianum* se trouvent ensemble ou séparément de préférence sur l'humus de la chênaie de type mull.

Les trois espèces de chacun de ces groupes présentent la même réaction à la nature de l'humus. Chacun des deux ensembles de trois espèces constituerait un groupe écologique relativement à la nature de l'humus ([Daget et Godron, 1982](#)).

4.2. Evolution de concept de groupe écologique

Pour bien comprendre la notion de groupe écologique, il faut regarder l'évolution des idées dans ce domaine.

Le terme "groupe écologique" a été introduit par [Dugineaud en 1946](#) pour désigner un groupe d'espèces ayant entre elles des "affinités sociologiques". L'affinité sociologique dans cet esprit résume toutes les tendances écologiques, géographiques ou autres, qu'ont certaines plantes à se regrouper.

Pour lui, les unités concrètes de végétation (appelées individus d'association par les phytosociologues) sont alors constituées d'un agencement de groupes écologiques.

Selon [Ellenberg \(1950\)](#), dans un groupe écologique peuvent être rassemblés toutes les espèces qui concordent approximativement dans leur constitution écologique, donc dans leur réaction vis-à-vis des principaux facteurs de la station.

[Gounot \(1958\)](#), parle d'un "groupe écologique élémentaire" ou "mono-factoriel" correspondant à l'ensemble des espèces qui réagissent de la même manière à l'un des éléments ou facteurs du milieu.

Les groupes écologiques sont nommés en fonction des facteurs écologiques (nature de l'humus, type de sol, richesse minérale, humidité, lumière....) qui président à la présence des plantes qui les composent. On emploie donc pour les décrire les caractères indicateurs des plantes et pour nommer les groupes écologiques un vocabulaire bien déterminé.

Par exemple, on peut citer les termes suivants ([Rameau, 1988](#)) :

- ***Calcaricole*** : se dit d'une espèce ou d'une végétation qui se rencontre exclusivement sur des sols riches en carbonate de calcium.
- ***Acidiphile*** : se dit d'une espèce qui aime les sols au pH acide (sols désaturés, ayant une forme d'humus pouvant aller du mull acide au dysmoder).
- ***Acidicline*** : se dit d'une espèce qui préfère légèrement les sols au pH acide.
- **Neutronitrophile** : se dit d'une espèce à amplitude écologique assez étroite, croissant sur des sols saturés en bases et très riches en azote, à mull eutrophe.
- ***Xérophile*** : se dit d'une espèce présente sur des sols superficiels, dans des conditions pédoclimatiques très sèches, aussi bien sur substrats calcaires que sur substrats siliceux.
- ***Hygrophile*** : se dit d'une espèce croissant sur des sols engorgés toute l'année.
- ***Héliophile*** : se dit d'une plante qui ne peut se développer complètement qu'en pleine lumière.

4.3. Notion d'espèce indicatrice

Une espèce est indicatrice lorsque sa fréquence ou sa quantité dans les relevés varie de façon significative avec les classes du facteur. Dans le cas contraire on a affaire à une espèce indifférente.

L'ensemble des classes du facteur où la fréquence de l'espèce n'est pas nulle constitue l'intervalle de cette espèce. Si la fréquence ou la quantité de l'espèce varie régulièrement dans les classes ordonnées, on a gradient. On dit que l'espèce est préférente pour le groupe de classes du facteur où elle a la fréquence ou la quantité maximale [Gounot \(1958\)](#).

On appelle domaine écologique d'une espèce, l'intervalle écologique dont elle est indicatrice. Donc une espèce est indicatrice non pas d'un facteur écologique, mais d'un domaine écologique. Ce n'est que si l'espèce est indifférente pour tous les facteurs sauf un qu'elle est indicatrice d'un seul facteur [\(Delpech, 1962\)](#).

On appelle facteur discriminant un facteur pour lequel il existe au moins une espèce indicatrice définissant un intervalle. On appelle seuils écologiques les valeurs critiques du facteur qui limitent l'intervalle [\(Gaudin, 1997b\)](#).

4.4. Notion de profil écologique

Définition : C'est la distribution des fréquences d'une espèce dans les différentes classes d'un facteur écologique. Il est représenté graphiquement par un histogramme [\(Le Floc'h et al., 2008\)](#).

4.5. Les différents types de profils

4.5.1. Les profils bruts

On distingue :

- 1)- les profils d'ensemble ;
- 2)- les profils des fréquences absolues.

4.5.4.1. Les profils d'ensemble

Le profil d'ensemble d'un descripteur est donné par la suite des fréquences absolues des relevés dans les diverses classes de ce descripteur. De toute évidence, si le descripteur n'a qu'une classe, aucun des relevés exécutés ne peut apporter d'informations le concernant. La formule théorique du profil d'ensemble est fournie au tableau qui suit [\(Daget et Gaston, 1997\)](#).

Tableau 05. Classes des fréquences absolues d'un profil d'ensemble [\(Le Floc'h et al., 2008\)](#).

	Descripteur L ayant plusieurs classes						Ensemble des relevés
	Classe 1	Classe 2	Classe K	Classe NK	
Nb de relevés	R(1)	R(2)	R(K)	R(NK)	NR= $\sum_1^N R(K)$

4.5.4.2. Les profils des fréquences absolues

C'est profils représentent le nombre de présences (ou d'absences) d'une espèce particulière dans les classes du facteur écologique.

Exemple : profils écologiques bruts des fréquences absolues de *Myosotis scopioides* relativement à l'humidité stationnelle dans l'étude de la vallée de Liptov (Le Floc'h et al., 2008).

Espèces	Humidité de la station								Σ des relevés
	Très sèche	Assez sèche	sèche	moyenne	Assez humide	humide	Très humide	Extrê humide	
Présences	0	0	1	0	4	1	6	2	14
Absences	2	9	12	15	8	1	1	2	51
Profil d'ensemble	2	9	13	15	12	2	7	4	65

4.5.2. Les profils élaborés

4.5.1.1. Les profils des fréquences relatives

Le profil des fréquences relatives d'une espèce est en considérant l'ensemble de tous les relevés de la classe du facteur en question en pourcentage du nombre de relevés qui contiennent l'espèce (Le Floc'h et al., 2008).

$$\text{Fréq rel} = \frac{\text{Nb. de relevés de la classe de facteur où l'espèce est présente}}{\text{Nb total de relevés de la classe du facteur considéré}}$$

4.5.1.2. Profils des indices de fréquences corrigées ou "profils corrigés"

Le profil écologique des fréquences relatives donne des fréquences faibles pour les espèces rares et des fréquences élevées pour les espèces présentes un grand nombre de fois.

Il est donc nécessaire de tenir compte de la fréquence de chaque espèce dans l'ensemble des relevés pour corriger les écarts entre les espèces rares et les espèces fréquentes.

Pour cela, on établit un indice appelé "fréquence corrigée", en divisant les fréquences relatives des présences (ou des absences) de chaque espèce dans chacune des classes du paramètre étudié, par la fréquence relative moyenne des présences ou des absences de l'espèce dans l'ensemble des relevés (Le Floc'h et al., 2008). On a la fréquence corrigée :

$$C(K) = \frac{U(K)/R(K)}{U(E)/NR} \quad (\text{Gaudin, 1997b})$$

$U(K)$ = nombre de relevés de la classe K du facteur considéré où l'espèce E est présente.

$R(K)$ = nombre total de relevés de la classe K du facteur considéré.

$U(E)$ = nombre total de relevés où l'espèce E est présente

NR = ensemble des relevés.

Les espèces qui présentent des profils corrigés semblables peuvent constituer des groupes d'espèces indicatrices de conditions de milieu définies par les classes de variables étudiées.

5. Détermination des espèces indicatrices

5.1. Méthode d'échantillonnage

Une première méthode d'échantillonnage, pour la recherche d'espèces indicatrices, suivie par [Duvigneaud \(1953\)](#) et [Whittaker \(1960\)](#), consiste dans l'utilisation des transects en milieu hétérogène, cette méthode bien que d'un grand intérêt présente des inconvénients ; dans un transect on a en général un grand nombre de facteurs qui varient simultanément, il est difficile de distinguer les facteurs réellement discriminants. Le gradient de variation risque d'être trop rapide pour que les communautés homogènes s'y installent ou trop lent pour permettre d'effectuer des transects continus ([Exp : facteurs climatiques](#)).

La méthode des transects doit être utilisée chaque fois que possible, mais ne peut être employée exclusivement et la comparaison d'échantillons discontinus doit toujours être envisagée sauf dans des cas spéciaux.

5.2. Valeur indicatrice et espèce indicatrice

D'après [Gounot \(1969\)](#), une espèce possède une valeur indicatrice pour une ou plusieurs classes d'un facteur dès que dans le profil correspondant existent des variations significatives. Ces variations peuvent se tester au moyen d'un test χ^2 d'homogénéité ou au moyen de l'information mutuelle entre une espèce et un descripteur. Celle-ci donne la quantité d'information apportée par une espèce relativement à un paramètre écologique. Pour une espèce E et un descripteur L, elle se note $\hat{I}(L ; E)$ et se définit comme suit ([Le Floc'h et al., 2008](#)):

$$\hat{I}(L ; E) = \sum_{1}^{NK} U(K)/NK \log_2 U(K)/R(K) \times NR/U(E) + \sum_{1}^{NK} V(K)/NR \log_2 U(K)/R(K) \times NR/V(E)$$

$U(K)$ = nombre de relevés de la classe K où l'espèce est présente.

NR = nombre total de relevés.

$R(K)$ = nombre total de relevés où l'espèce E est présente.

$V(K)$ = nombre de relevés de la classe K où l'espèce est absente.

NK = nombre de classes.

$V(E)$ = nombre total de relevés où l'espèce est absente.

Par principe, plus une espèce apporte d'information sur les états d'un paramètre écologique, plus la valeur de $\hat{I}(L ; E)$ est forte. Cela, permet de reconnaître les espèces indicatrices qui sont précisément celles qui étant fortement liées aux états d'un descripteur particulier, possèdent une forte valeur $\hat{I}(L ; E)$. $\hat{I}(L ; E)$ est donc une mesure de la valeur indicatrice de l'espèce E vis-à-vis du descripteur L (Le Floc'h et al., 2008).

Une espèce indicatrice est une des nombreuses espèces qui possède la plus forte valeur indicatrice.

Exp : dans l'étude de la haute vallée de Liptov et pour le degré d'ouverture des ligneux bas, l'espèce la plus sensible à ce paramètre est *Chrysanthemum leucanthemum*, pour laquelle $\hat{I} = 0.33$, puis vient *Alchemilla vulgaris* pour laquelle $\hat{I} = 0.27$ et ainsi de suite (Le Floc'h et al., 2008).

6. Evaluation et hiérarchisation des facteurs discriminants

6.1. Reconnaissance des facteurs efficaces

Pour reconnaître les facteurs efficaces (ou descripteurs) il est d'abord nécessaire de calculer l'entropie H (L) liée au profil d'ensemble du descripteur L :

$$H(L) = \sum_1^{Nk} R(K)/NR \log_2 NR/RK \quad (\text{Daget et al., 1997})$$

Exemple : profil d'ensemble de l'humidité stationnelle (Daget et al., 1997).

Classes	1	2	3	4	5	6	7	8
Profil	2	9	13	15	12	2	7	5

$$H(\text{hum}) = 2/65 \log_2 65/2 + \dots + 5/65 \log_2 65/5 = 1.73$$

Pour différencier les descripteurs (facteurs) on construit un graphique en portant sur l'abscisse l'entropie de chaque descripteur et sur l'ordonnée l'information mutuelle moyenne de plusieurs espèces indicatrices (fig. 19).

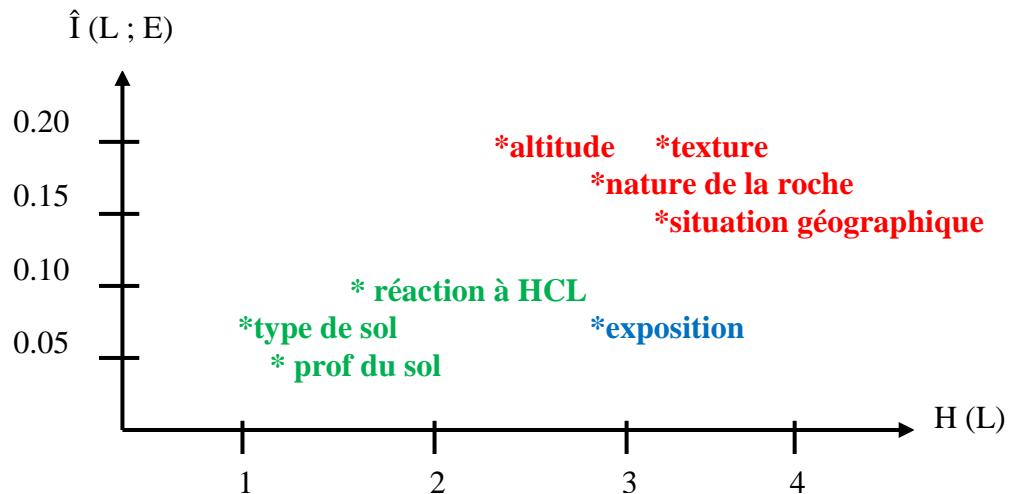


Figure 19. Détermination des descripteurs efficaces (Daget et al., 1997)..

Les descripteurs efficaces et bien échantillonnés sont représentés en haut à droite, tandis que ceux qui sont à la fois inefficaces et mal échantillonnés sont situés en bas à la gauche.

Exemple : l'exposition est bien échantillonnée mais peu efficace : les espèces y sont peu sensibles.

On ne doit porter sur un diagramme que des descripteurs échantillonnés avec le même nombre de relevés.



Références bibliographiques

- 1**-Barkman, J.J., Moravec, J. & Rauschert, S. (1986). Code de nomenclature phytosociologique. 2^{ème} Ed. *Vegetatio*, 67, 145-195.
- 2**-Bonhomme, R. (1970). Application de la technique des photographies hémisphériques in situ à la mesure de l'indice foliaire, in HALLAIRE M. Edit. : 501-505.
- 3**-Braun-Blanquet, J., Roussine, N. et Negre, R. (1952). Les groupements végétaux de la France méditerranéenne, Cnrs, Paris, 298 p. + annexes.
- 4**-Corriol, G. (2008). Essai de clé typologique des groupements végétaux de Midi-Pyrénées et des Pyrénées françaises. I. Introduction et pelouses acidophiles (Nardetea et Caricetea curvulae). *Le monde des plantes*, 495 : 3-13.
- 5**-Cottam, G. et Curtis, J. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling, *Ecology*, 37, 3 : 451-460.
- 6**-Daget, Ph. & Godron, M. (1982). Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés, Masson, Paris, 172 p.
- 7**-Daget, Ph et Poissonet, J. (1971). Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22 (1) : 5-41.
- 8**-Daget, P.H., Poissonet, J. (2010). Prairie et pâturage-Méthodes d'étude de terrain et interprétations-115p+Annexes.
- 9**-Daget, Ph. & Gaston, A. (1997). Mesurer les liaisons entre les espèces dans un groupe de relevés. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.*, 50, 2 : 149-152.
- 10**-Daget, PH., Poissonet, J. et Toutain, B. (1997). Planifier un échantillonnage pour une étude régionale de la végétation. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.* 50 (2) : 145-148.
- 11**-Delassus, L., Mesnage, C., Laurent, E., Guitton, H., Goret, M., Magnanon, S., Colasse, V. (2015). Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Conservatoire botanique national de Brest, 52p. (Cahiers scientifiques et techniques du CBN de Brest ; 1).
- 12**-Delpech, R. (1962). Ecologie appliquée : possibilité de déterminer les conditions de milieu par l'examen de la végétation (cas des prairies), *B.T.I.*, 172 : 15 p.
- 13**-Delpech, R. (1996). Vocabulaire de phytosociologie et de synécologie végétale, 38 p. La banque des mots, n° 51, Conseil International de la Langue Française.
- 14**-De Vries, D.M. (1937). Methods of determining the botanical composition of hayfields and pastures, *int. Grass. Cong.*, Aberystwyth, 474-480.
- 15**-Dufrêne, M. (2003). Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques. Version du 11/05/03. Adresse : <http://biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/home.html>
- 16**-Dupouey, J.L. (1988). Intérêt de la notion d'ensemble flou en phytosociologie forestière. Application à la classification des relevés de végétation. *Coll. Phytosoc.*, XIV, *Phytosociologie et foresterie*, Nancy, 1985, 43-53.

- 17**-Duvigneau, P. (1953). Les savanes du Bas-Congo, Essai de phytosociologie topographique, *Lejeunia*, 10 : 1-192.
- 18**- Duvigneau, P. (1946). La variabilité des associations végétales, *Bull. Soc. Bot. Belgique*, 78 : 107-130.
- 19**-Duvigneaud, P. (1974). La synthèse écologique. Doin édit., Paris. 296 p.
- 20**-Ellenberg, H. (1950). Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden E. Ulmer Verl., StuttgartLudwigsburg.
- 21**-Ellenberg, H. (1952). Wiesen und ihre standörtliche Bewertung, Ulmer, Stuttgart.
- 22**-Faurie, C., Ferra, C., Medori, P., Déveaux, J. (1998). Ecologie-Approche Scientifique et pratique- Paris, TEC & Doc, 333p.
- 23**-Fischesser, B., Dupuis-Tate, M.F. (1996). Le guide illustré de l'écologie, Editions de la Martinière, CEMAGREF éditions, 319 p.
- 24**-Foucault, B. (1979). Eléments pour une théorie statistique du tableau phytosociologique homogène. *Vegetatio*, 40 (3), 163-174.
- 25**-Foucault, B. (1986). Petit manuel d'initiation à la phytosociologie sigmatiste, 49 p. Société linnéenne du Nord de la France, Amiens.
- 26**-Gaudin, S. (1997a). Quelques éléments d'écologie utiles au forestier. BTSA Gestion Forestière. Module D41. 90 p.
- 27**-Gaudin, S. (1997b). L'approche typologique et son utilité en foresterie. BTSA Gestion Forestière. Module D42. 22p.
- 28**-Géhu, J.M. & Rivas-Martinez, S. (1981). Notions fondamentales de Phytosociologie. In: H. Dierschke (ed.), Ber. der Intern. Symp. der Intern. Verein. für Vegetationsk., *Syntaxonomie*, Rinteln 1980, 5-33.
- 29**-Géhu, J.M. (1991). L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. Théorie et méthodologie. *Coll. Phytosoc.*, XVII, *Phytosociologie et paysages*, Versailles, 1988, 12-46.
- 30**-Gillet, F., Foucault, B., (de), Julve, Ph. (1991). La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. *Candollea*, 46, 315-340.
- 31**-Gillet, F. (2000). La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Université de Neuchâtel, Institut de Botanique. Doc. Labo. Ecol. Vég., 1, 68 p.
- 32**-Godron, M. (1966). Une application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. Doc. N° 24, Cnrs CEPE, Montpellier, et thèse Docteur-Ingénieur, USTL, Montpellier, 67 p.
- 33**-Godron, M., Li, T.X., Poissonet, J. et Sosa Ramirez, R. (1988). Phyto-écologie et potentialités pastorales un exemple concret de moyenne montagne des régions tempérées : le Mont-Lozère, France, *Actes XVI Congr. Int. Herb.*, Nice : 1419-1420.

- 34**-Goldsmith, F.B. (1991). Monitoring for Conservation and Ecology. CHAPMAN & HALL, London.
- 35**-Goodall, D. (1952). Point-quadrat methods for analysis of vegetation. *Austr. J. Sci.*, B, 5 : 457-461.
- 36**-Gorenflo, R. & De Foucault, B. (2005). Initiation à la phytosociologie. Complément au chapitre 23. In : Biologie végétale, les Cormophytes. Dunod, éd., 1-27.
- 37**-Gounot, M. (1958). Contribution à l'étude des groupements messicoles et rudéraux de la Tunisie, *Ann. Serv. Bot.*, 31 : 1-282.
- 38**-Gounot, M. (1969). Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, Paris. 314p.
- 39**-Greig-Smith, P. (1952). The use of random and contiguous quadrats in the study of the structure of plant communities. *Ann. Bot. London N.S.* 16: 293-316.
- 40**-Greig-Smith P. (1980). The development of numerical classification and ordination. *Vegetatio*, 42, 1-9.
- 41**-Guinochet, M. (1970). Clé des classes, ordre et alliances phytosociologiques de la France, *Nat. Monsp.*, 21 : 79-119.
- 42**-Guinochet, M. (1973). *La phytosociologie*. Collection d'écologie I. Masson éd., Paris, 227p.
- 43**-Kittredge, J. (1944). The estimation of amount of foliage tree and stands. *J. Forest.*, 42 : 905-912.
- 44**-Lacoste, A., Salanon, R. (2001). Eléments de biogéographie et d'écologie. Paris, Fernand Nathan, 291 p.
- 45**-Lahondère, C. (1997). Initiation à la phytosociologie sigmatiste. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest.* N° h.s., 16, 47 p.
- 46**-Le Floc'h, E., (coord.), Nedjraoui, D., Hirche, A., Boughani, A., Salamani, M., Abdelrazik, M., Ouled Belgacem, A., Tbib, A., Ramdane, A., Aafi, A., Taleb, M., Dembele, F., Karembe, M., Mahamane, A., Wélé, A., Ba, A., et al. (2008). Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation. Roselt/OSS CT1, 2008, Guide Roselt/OSS pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation, Collection Roselt/OSS, CT n° 1, Tunis, 175 p
- 47**-Levy, B., Madden, E. (1933). The point method of pasture analysis, N.Z. J. of Agric., 46 : 267-279.
- 48**-Long, G. (1958). Description des méthodes linéaires pour l'étude de l'évolution de la végétation. *Bull. Serv. Carte Vég.*, série B2 : 107-127.
- 49**-Nedjraoui, D. (1981). Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida. Thèse Doct. 3^{ème} cycle, USTHB, Alger. 156p.

- 50**-Ozenda, P. (1982). Les végétaux dans la biosphère. Doin Ed., Paris, 431 p.
- 51**-Parker, K. (1951). A method for measuring trend in range condition on national forest range, U.S. Forest Serv., Washington, 20 p.
- 52**-Poissonet-Ogereau, P. (1969). Comparaison des résultats obtenus par diverses méthodes d'analyse de la végétation dans une prairie permanente *in* Ph. DAGET Edit., Méthodes d'inventaire : 39-72.
- 53**-Rahaingoson, F., Rakotoarimanana, V., Edmond, R. (2014). Analyse structurale et floristique de la végétation selon les différents types de gestion sur le Plateau Calcaire Mahafaly. <http://hal.cirad.fr/cirad-00933717>
- 54**-Raunkier, C. (1905). Types biologiques pour la géographie botanique, *Bull. Acad. R. Sc., Danemark*, 5 : 347-437.
- 55**-Rameau, J.C. (1988). Le tapis végétal. Structuration dans l'espace et dans le temps, réponses aux perturbations, méthodes d'étude et intégrations écologiques. ENGREF, Centre de Nancy, 102 p. + annexes.
- 56**-Slimani, H. (1998). Effet du pâturage sur la végétation et le sol et désertification. Cas de la steppe à alfa de Rogassa des Hautes Plaines Occidentales algériennes. Thèse magister, USTHB. Alger, 123p.
- 57**-Sorensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Kopenhagen. *Biol. Skrif.* S.
- 58**-Whittaker, R.H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30 : 279-338.

TP proposés

TP 01.Sorties sur terrain : **a-** zone humide de Béni Bélaïd ;
b- parc national de Taza.

Objectifs :

- ✓ Exploration des différents écosystèmes ;
- ✓ Reconnaissances des espèces ;
- ✓ Réalisation d'un herbier ;
- ✓ Application sur le champ des méthodes d'échantillonnage étudiées (selon les moyens).

TP 02. Estimation de taux de recouvrement d'une formation végétaux par le biais de la photographie aérienne (en salle).

TP 03. Détermination de l'aire minimale par le biais de la courbe aire-espèces (sur le champ).

TP sur les méthodes d'étude des formations végétales

I- Méthodes manuelles

TP 04.Méthode sigmatiste ou le système de Braunt-planquet (en salle).

II- Méthodes utilisant des indices

TP 05.L'analyse différentielle de Czekanowski(en salle).

TP 06.Lecalcule de coefficient de Sorensen (en salle).

III- Les méthodes informatiques modernes

TP 07.L'analyse factorielle(en salle).

Glossaire

Glossaire

Association végétale : Unité fondamentale de la phytosociologie, définie comme un groupement de plantes aux exigences écologiques voisines, organisé dans l'espace, désigné d'après le nom de l'espèce dominante.

Biocénose : Groupements de plantes ou d'animaux vivant dans des conditions de milieu déterminées et unis par des liens d'interdépendance.

Biomasse : Masse totale des organismes vivants présents dans un périmètre ou un volume donné ; les végétaux morts depuis peu sont souvent inclus en tant que biomasse morte. La quantité de biomasse est exprimée en poids sec, en contenu énergétique (énergie) ou en teneur en carbone ou en azote.

Biome : Ensemble écologique présentant une grande uniformité sur une vaste surface et où dominent les mêmes conditions climatiques.

Biotope (ou un habitat) : unité de surface limitée mais variable (écosystème ou agro-système), pouvant être décrite par les conditions physiques et chimiques particulières qui y règnent (descripteurs abiotiques) et occupée par une biocénose (descripteurs biotiques).

Climax : État d'un écosystème ayant atteint un stade d'équilibre relativement stable (du moins à l'échelle humaine), conditionné par les seuls facteurs climatiques et édaphiques. Autrefois, le climax était considéré comme un aboutissement dans l'évolution d'un écosystème vers un état stable. Les milieux étant dorénavant considérés en évolution constante, la stabilité n'est plus envisagée que de façon relative et on parle plutôt de pseudo-climax.

Communauté végétale : Ensemble structuré et homogène d'organismes vivants évoluant dans un milieu (habitat) donné et à un moment donné.

Compétition : Elle apparaît, dans un écosystème, lorsque deux individus ou deux populations exploitent une même ressource limitée. Elle peut avoir pour objet une source de nourriture, un espace ou encore des partenaires sexuels.

Composition floristique : liste des espèces recensées en un lieu, sur une surface et à une date donnée.

Glossaire

Courbe aire-espèces : graphique dont l'ordonnée représente l'évolution du nombre de taxons et l'abscisse la surface d'un groupement homogène dont on veut recenser le nombre de taxons. Elle permet la détermination de l'aire minimale.

Densité : nombre d'individus par unité de surface ou par unité de volume.

Dominance : Phénomène suivant lequel une espèce constitue la part prépondérante de la totalité des populations présentes dans le peuplement d'un biotope donné.

Dynamique de la végétation : En un lieu et sur une surface donnés, modification dans le temps de la composition floristique et de la structure de la végétation. Selon que ces modifications rapprochent ou éloignent la végétation du climax, l'évolution est dite progressive ou régressive.

Echantillonnage : ensemble des opérations qui ont pour objet de relever dans une population les individus devant constituer l'échantillon représentatif.

Ecosystème : ensemble constitué du milieu physico-chimique (biotope) et des êtres vivants qui le peuplent (biocénose).

Espèce : Unité fondamentale de la classification, consistant en une population (ou une série de populations) d'organismes étroitement apparentés et similaires. Chez les organismes se reproduisant sexuellement, il s'agit alors d'une population ou d'une série de populations d'organismes qui se croisent entre eux sans difficulté dans les conditions naturelles, mais non avec les membres des autres espèces.

Espèce indicatrice : Espèce dont la présence à l'état spontané renseigne qualitativement ou quantitativement sur certains caractères écologiques de l'environnement.

Forêt : Une forêt ou un massif forestier est une étendue boisée, relativement grande, constituée d'un ou plusieurs peuplements d'arbres, arbustes et arbrisseaux (fruticée), et aussi d'autres plantes indigènes associées. Les définitions du terme « forêt » sont nombreuses en fonction des latitudes et des usages

Formation végétale : Ensemble des plantes qui constituent le paysage végétal d'une région est appelé généralement une formation végétale, ou un groupement végétal ou simplement un type de végétation.

Glossaire

Fréquence : rapport entre le nombre de points où une espèce est présente et le nombre total de points étudiés.

Garrigue : Forme dégradée de la chênaie de Chêne vert (*Quercus ilex*), elle occupe les terrains calcaires et délavés et la végétation arbustive y est moins dense.

Gradient : Modification continue d'un élément variable du milieu dans l'espace ou dans le temps. Le gradient peut être croissant ou décroissant, il peut concerner une variable écologique (climatique, édaphique) ou une variable biologique (densité d'une population).

Groupement végétal : Végétation de physionomie relativement homogène, due à la dominance d'une ou de plusieurs forme(s) biologique(s).

Maquis : Formation végétale atypique des climats méditerranéens, elle se forme sur les terrains siliceux. On y retrouve de nombreuses variétés de plantes, qui se sont notamment acclimatées à ce milieu et qui sont donc devenues endémiques à ce dernier.

Microclimat : Ensemble des conditions de température, d'humidité et de vents particulières à un espace homogène de faible étendue à la surface du sol, dues à la topographie, à la végétation et à la proximité de l'eau.

Photo-interprétation : Lecture et analyse des paysages et milieux à partir de photographies aériennes ou d'images spatiales.

Physionomie : Aspect général d'une végétation.

Phytosociologie : Science qui étudie les communautés végétales. Discipline botanique étudiant les relations spatiales et temporelles entre les végétaux et leur milieu de vie, les tendances naturelles que manifestent des individus d'espèces différentes à cohabiter dans une communauté végétale ou au contraire à s'en exclure.

Recouvrement d'une espèce : proportion de la surface du sol couverte par la projection verticale des organes aériens de cette espèce. Elle est évaluée à partir de la fréquence.

Rythme biologique : se définit comme la variation périodique ou cyclique d'une fonction particulière d'un être vivant.

Glossaire

Station : Étendue de terrain, de superficie variable, homogène dans ses conditions physiques et biologiques (mésoclimat, topographie, composition floristique et structure de la végétation spontanée).

Taxon : Unité quelconque (famille, genre, espèce, etc.) de la classification zoologique ou botanique.

Tourbière : Une tourbière est une zone humide qui se caractérise, en premier lieu, par un sol saturé en permanence d'une eau stagnante ou très peu mobile. Cette eau prive de l'oxygène nécessaire à leur métabolisme les micro-organismes (bactéries et champignons) responsables de la décomposition et du recyclage de la matière organique. Dans ces conditions asphyxiantes (anaérobiose), la litière végétale ne se minéralise que très lentement et très partiellement. Elle s'accumule alors, progressivement, formant un dépôt de matière organique mal ou non décomposée : la tourbe.

Transect : Coupe virtuelle selon un axe spatial déterminé, destinée à représenter schématiquement selon cet axe une séquence d'informations d'ordre écologique.

Annexes

Annexe 1

Chapitre 2 : Analyses biologiques

1. Relations des organismes aux conditions du milieu

1.1- Notions de bioindicateurs.

1.2- Méthodes biologiques et bioindicateurs

2. Principaux types de méthodes biologiques actuellement utilisées

2.1- Méthodes biologiques (Méth. Biochimiques, Ecotoxicologiques, Biocénotiques)

2.2- Méthodes indicielles

- utilisant les peuplements végétaux (Ex : Indice diatomique)
- utilisant les peuplements animaux (Ex : Indice biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques)

Chapitre 3 : Protection de l'environnement : Réglementation algérienne

1. Législation environnementale : définition et étendue

2. Statut juridique actuel en matière de protection et gestion de l'environnement (étude des différentes lois relatives à la protection de l'environnement, protection des ressources naturelles...etc.).

Mode d'évaluation : Contrôle continu (exposés + rapports de sorties + test) et Examen semestriel

Références bibliographiques.

1. Ramade F., 2011- Introduction à l'écochimie - Les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris.
2. Ramade F., 2010- Dictionnaire encyclopédique des pollutions : De l'environnement à l'homme. Ed. Dunod, Paris.
3. Rodier J. et Coll., 2005- L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. Dunod, Paris.
4. Standard methods for the examination of water and wastewater, 1980. Ed. APHA-AWWA-WPCF.

Semestre : 5

Unité d'Enseignement Méthodologie :

Matière : Méthodologie d'échantillonnage des peuplements végétaux (MEPV)

Crédits : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Les étudiants par le biais de cette matière auront la capacité de maîtriser les différentes méthodes d'échantillonnage des peuplements végétaux dans différents biotopes naturels de la région de Jijel. Nécessité pour les étudiants d'effectuer des sorties sur terrain pour approfondir toutes les données théoriques à évaluer sur terrain.

Connaissances préalables recommandées :

Différentes techniques et méthodes utilisées pour l'échantillonnage de la flore, différents types d'écosystèmes

Contenu de la matière : Méthodologie d'échantillonnage des peuplements végétaux (MEPV)

Introduction

Chapitre I- PHYSIONOMIE ET STRUCTURE DES COMMUNAUTES VEGETALES.

- I-1- Physionomie
- I-2- Structure
 - I-2-1- Structure horizontale
 - I-2-2- Structure verticale
 - I-2-3- Conséquences de la structure verticale
 - I-2-4- Causes de la structure horizontale
 - I-2-4-1- Biologie de la reproduction
- I.3. Echelle d'hétérogénéité
 - I-3-1- Milieu exogène et milieu endogène
 - I-4- Evolution des communautés végétales
 - I-4-1- Evolution linéaire
 - I-2-5-2- Evolution cyclique

Chapitre II- PRINCIPES GENERAUX DE L'ETUDE DES COMMUNAUTES VEGETALES.

- II-1- Le choix d'une méthode
- II-2- Eléments constitutifs d'une méthode d'échantillonnage
 - II-2-1- Modèle théorique
 - II-2-2- Plan d'échantillonnage
 - II-2-3- Mesures
 - II-2-4- Interprétation statistique

Chapitre III- PLAN D'ECHANTILLONNAGE

- III-1- Echantillonnage subjectif
- III-2- Echantillonnage au hasard ou échantillonnage aléatoire
- III-3- Echantillonnage systématique
 - III-3-1- Méthods de De Vries
 - III-3-2- Méthode linéaire
 - III-3-3- Points quadrats
 - III-3-4- Points alignés
 - III-4- Echantillonnage exhaustif
 - III-4-1- Grilles ou bandes de placettes contigües
 - III-4-2- Lignes de segments contigus
 - III-4-4- Echantillonnage selon un transect
 - III-5- Echantillonnage stratifié
 - III-5-1- Détermination des strates

Chapitre IV- MESURES ET APPAREILS DE MESURE

- IV-1- Les différents types de mesures
 - IV-1-1- Mesures relatives à des échantillons de surfaces finies
 - IV-2-1-1- Densité
 - IV-2-1-2- Le poids
 - IV-2-1-3- Recouvrement
 - IV-2-1-4- Fréquence
 - IV-2-2- Mesures correspondant à des échantillons linéaires
 - IV-2-2-1- Densité linéaire
 - IV-2-2-2- Recouvrement linéaire
 - IV-2-2-3- Fréquence linéaire
 - IV-2-3- Mesures ponctuelles
 - IV-2-3-1- point quadrat
 - IV-2-3-2- Estimation de la surface foliaire
 - IV-2-4- Mesures relatives à un échantillon non délimité
 - IV-2-4-1- Espacement

IV-2-5- Mesure de la biomasse et de la productivité primaire

IV-3- Expression des résultats

IV-3-3- Les indices

Chapitre V- HIERARCHISATION DES COMMUNAUTE VEGETALES

V-1-méthodes purement qualitatives

V-1-1- Méthodes physionomiques

V-1-2- Méthode dynamique

V-1-3- Méthodes chorologiques

V-2- Méthodes statistiques qualitatives

V-2-1- Méthode sigmatiste ou système de Braun-Blanquet

V-2-1-1- Méthode de définition des groupements élémentaires

V-2-2- Méthodes floristiques statistiques simples

V-2-2-1- Méthodes basées sur le calcul d'un coefficient

V-2-2-1-1- Analyse différentielle de Czekanowski

V-2-2-1-2- Méthode de Sorensen

V-2-2-3- Analyse des associations interspécifiques

V-3- Méthode phytoécologique

V-3-1- Notion de groupe écologique

V-3-2- Evolution de concept de groupe écologique

V-3-3- Notion d'espèce indicatrice

V-3-4- Notion de profil écologique

V-3-5- Les différents types de profils

V-3-5-1- Les profils bruts

V-3-5-1-1- Les profils d'ensemble

V-3-5-2-2- Profils des indices de fréquences corrigées ou "profils corrigés"

V-3-6- Détermination des espèces indicatrices

V-3-6-1- Méthode d'échantillonnage

V-3-6-2- Valeur indicatrice et espèce indicatrice

V-3-7- Evaluation et hiérarchisation des facteurs discriminants

V-3-7-1- Reconnaissance des facteurs efficace

Références

GUINOCHE M. 1973 – Phytosociologie, Masson, Paris, 227 p. + carte

BRUCIAMACCHIE M. 1989 – Typologie des Peuplements, R.F.F., n°6, pp. 507-512.

DUVIGNEAUD P. 1984 – L'écosystème forêt, Nancy, ENGREF, 160 p.

Mode d'évaluation : Contrôle continu (exposés + rapports de sorties) et Examen semestriel

Semestre : 5

Unité d'Enseignement Transversale :

Matière : Anglais Scientifique

Crédits : 2

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Perfectionnement de l'anglais à usage pédagogique et communication

Connaissances préalables recommandées :

Annexe 2

Table des nombres au hasard = aléatoires

17406	39516	24449	74015	43890	55118	27902	39548	72071	59327
73855	89884	56589	48471	36709	11110	31920	17626	67691	93202
36164	92283	27244	05702	62405	73041	93132	01371	08683	21829
78994	18171	59840	62624	74518	99822	00293	88084	30716	53590
83212	53819	70820	03945	68127	93070	44870	67948	01338	97258
28619	99766	49157	09339	55573	6683	87189	89254	17652	67314
85240	11095	46806	33176	51940	23127	90561	36469	85603	83297
98448	89051	17846	85123	76892	30908	04175	77862	13924	20099
46186	14176	89969	37701	11456	20210	32542	32146	77162	18567
35549	53554	76295	16048	38190	92244	56808	39717	83105	99486
34904	46147	60505	54418	78345	50570	58052	81085	26388	10243
06953	03928	58301	79506	99089	00231	95700	55663	45833	87967
85680	11023	45747	55475	97488	98531	02054	53841	70698	41772
99513	65174	23148	88646	24301	27909	83026	50673	75087	61801
92336	80844	34686	44894	34011	82172	97959	57568	47239	35986
53784	79567	64673	68622	87745	02165	94061	09140	63912	24787
86457	26826	20293	37348	76714	26917	68221	08181	73036	39186
26903	50718	03261	22399	19519	03808	82688	93418	75681	96105
17307	67935	72471	95209	78716	21582	93147	80487	23588	97851
50990	85208	68410	36019	02200	96138	53902	91022	17194	45198
58143	85738	85761	61751	08933	15180	84858	99232	03398	54860
81879	91432	09527	18642	87180	60845	07946	86588	49736	28991
90785	43760	94116	69012	81025	30237	14734	62864	46791	42890
51422	21721	36320	10906	43365	93505	43098	30386	58956	89709
20687	76356	23689	86264	16603	01099	28498	11893	37805	33857
78659	31855	47256	96754	41439	89178	40094	04736	21187	17605
87210	22041	37379	18787	31951	66542	24686	05498	37122	48703
49437	94107	65479	64458	43625	82661	61272	38493	03718	56591

47320 02588 86954 88908 00179 71192 95219 53372 93975 12165
67069 05594 51276 02619 31400 33724 32940 50525 86470 75487
60121 55151 38360 63111 39358 23899 10650 30219 88413 62037
14798 75999 57280 70078 32374 99950 71456 36936 90847 72382
35470 16354 46562 46942 01183 39556 35527 20274 92200 10790
32561 51024 87417 09435 38956 71939 32282 03727 83126 27549
58324 47728 86949 84753 66099 01338 59961 00258 13794 08348
58801 96552 32825 34702 10794 51246 44519 66095 53155 32535
92242 55561 54448 66687 89649 81454 89335 07144 02595 98766
48241 00440 44565 76104 90933 45022 23360 87567 08071 68128
99984 58535 63378 11113 93696 34993 35048 39569 34662 24174
76845 78572 90831 81475 7989 86181 67097 79080 82533 77574