

MÉTHODES D'ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION

MÉTHODE DU RELEVÉ FLORISTIQUE : INTRODUCTION

(Première partie)

© Jean-Michel Noël Walter

Institut de Botanique – Faculté des Sciences de la Vie – Université Louis Pasteur

28 Rue Goethe 67083 Strasbourg Cedex France

jean-michel.walter@bota-ulp.u-strasbg.fr

Sommaire

MÉTHODE DU RELEVÉ FLORISTIQUE : INTRODUCTION	1
Introduction	1
Réalisation d'un relevé.....	2
Aire minimale phytosociologique.....	3
Composition d'un relevé	5
L'abondance-dominance selon Braun-Blanquet	6
Autres attributs des espèces.....	7
Les tableaux de relevés	8
Conclusion.....	11
Références	11
Glossaire.....	13
Annexe 1 : Échelles de mesures	14
Annexe 2 : Exemple de relevés phytosociologiques	17
Annexe 3 : Nomenclature phytosociologique	19
Annexe 4 : Principaux groupements végétaux de France	20



Introduction

Le concept et la méthode phytosociologiques se sont développés en Europe voici plus d'un siècle, sur un continent humanisé depuis des millénaires. En effet, la classification des groupements végétaux ne pouvait guère trouver terreau plus favorable que dans les paysages cloisonnés et parcellisés de notre vieux continent.

À l'inverse, le continent américain, avec ses grandes continuités naturelles, ses territoires « sauvages » préservés, présentait aux botanistes et aux écologistes pionniers du siècle dernier un espace favorable à la naissance de la théorie du climax et des successions écologiques (Clements, 1916 ; in [6] et [7]), en même temps que de la théorie individualiste du tapis végétal (Gleason, 1917).

Le concept phytosociologique a été formulé à Montpellier en 1897, lorsque Flahault publia son mémoire sur la végétation méditerranéenne. Pour lui,

Une association est l'ensemble des espèces adaptées aux mêmes conditions physico-chimiques et qui se font nécessairement cortège.

Plus tard en 1910, Flahaut et Schröter écrivirent :

Une association végétale est une communauté végétale de composition floristique déterminée, présentant une physionomie uniforme, et croissant dans des conditions stationnelles uniformes.

Braun-Blanquet, en 1915, donna la définition suivante :

Une association est un groupement végétal plus ou moins stable, en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisée par une composition floristique déterminée, dans laquelle certains éléments exclusifs, ou à peu près, appelés espèces caractéristiques, indiquent par leur présence une écologie particulière et autonome.

Dans une association, il y a donc des espèces apatrides, ou *compagnes*, et des espèces *caractéristiques*, indicatrices du milieu. En continuité avec ses prédécesseurs, Braun-Blanquet apparaît comme le fondateur de la phytosociologie moderne connue comme l'école de Zürich-Montpellier, en raison de la double origine Méditerranéenne et Alpine de la Station Internationale de Géobotanique (en abréviation S.I.G.M.A.) qu'il a créé [5].

Finalement, Allorge, en 1922, proposa cette définition :

Une association est un groupement végétal caractérisé par une composition floristiquement déterminée et relativement constante dans les limites d'une aire donnée. Toute association représente un stade plus ou moins stable et de durée plus ou moins longue dans une série progressive ou régressive d'associations.

Allorge introduisit une notion dynamique en phytosociologie. En effet, une association peut se transformer avec le temps, le climat et l'action humaine. Elle est également limitée dans l'espace.¹

Ainsi, chacune des formulations précédentes a enrichi le concept phytosociologique. Le *relevé* floristique en constitue l'outil de base.

Ce document décrit succinctement la *méthode du relevé* et la construction d'un tableau de données floristiques. Il n'introduit pas à l'analyse proprement dite des données, mais fournit quelques indications utiles pour s'y préparer. Les questions phytoécologiques d'échelles de mesure, de nomenclature et de classification des groupements sont présentées brièvement en annexes.

Réalisation d'un relevé

Trois conditions sont exigées pour la réalisation d'un relevé :

- 1) *Dimensions adéquates*, pour contenir un échantillon d'espèces représentatives de la communauté ;
- 2) *Uniformité de l'habitat*, le relevé ne débordera pas sur deux habitats différents ;

¹ Le lecteur désireux d'approfondir l'histoire de la phytosociologie lira avec intérêt [6] et [7].

- 3) *Homogénéité de la végétation*, en n'incluant qu'un stade successional ou qu'une phase dynamique ; il existe des outils statistiques pour tester l'*homogénéité de la végétation* [10].

En Europe, il est coutume d'analyser l'ensemble de la végétation en incluant, le cas échéant, les plantes ligneuses, herbacées et muscinales. En Amérique du Nord, pour ce qui est des forêts, on ne prend en compte habituellement que les plantes ligneuses, les plantes herbacées étant négligées.

Aire minimale phytosociologique

La recherche de l'*aire minimale phytosociologique* répond à la première condition. La notion d'aire minimale est conçue comme l'aire sur laquelle la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale est représentée. Une approche classique repose sur la « méthode des surfaces emboîtées » (Figure 1).

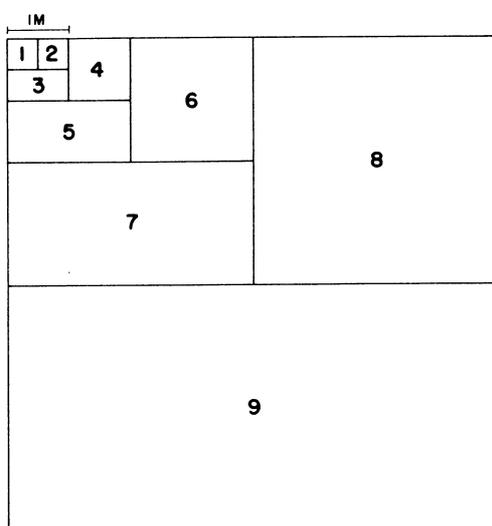


Figure 1 Système de surfaces emboîtées pour déterminer l'aire minimale

Chaque placette numérotée à partir de 1 contient la surface de la placette précédente. Ainsi, les placettes impaires sont carrées et les placettes paires sont rectangulaires (d'après [18]).

Un exemple illustrera cette méthode. Dans une futaie de chêne sessile, vieille de 150 ans, en Forêt Domaniale de Fontainebleau, Lemée et Walter (1972, non publié) ont enregistré les observations suivantes :

- $1/16 \text{ m}^2$ *Melampyrum pratense*, *Festuca capillata*, *Hedera helix*, *Quercus sessiliflora*, *Hieracium murorum*, *Carex pilulifera*, *Hypnum purum*, *H. cupressiforme*
- $1/8 \text{ m}^2$ *Deschampsia flexuosa*
- $1/4 \text{ m}^2$ —
- $1/2 \text{ m}^2$ —
- 1 m^2 *Teucrium scorodonia*, *Dicranum scoparium*, *Poa nemoralis*
- 2 m^2 *Polytrichum formosum*
- 4 m^2 *Leucobryum glaucum*, *Erica cinerea*, *Danthonia decumbens*, *Euphorbia amygdaloides*
- 8 m^2 *Pinus silvestris*, *Polygonatum odoratum*
- 16 m^2 *Calluna vulgaris*, *Castanea sativa*, *Ilex aquifolium*
- 32 m^2 *Hieracium umbellatum*, *Viola* sp., *Prunus* sp.

- 64 m² *Rubus fruticosus*, *Lonicera periclymenum*, *Molinia caerulea*, *Brachythecium rutabulum*
- 128 m² *Ruscus aculeatus*, *Veronica officinalis*, *Fagus sylvatica*, *Crataegus monogyna*, *Rosa* sp.
- 256 m² *Pteridium aquilinum*, *Fragaria vesca*, *Prunus spinosa*, *Brachypodium pinnatum*, *Festuca heterophylla*.

En portant le nombre cumulé d'espèces S en fonction de l'aire A en m², on obtient le graphique de la Figure 2.

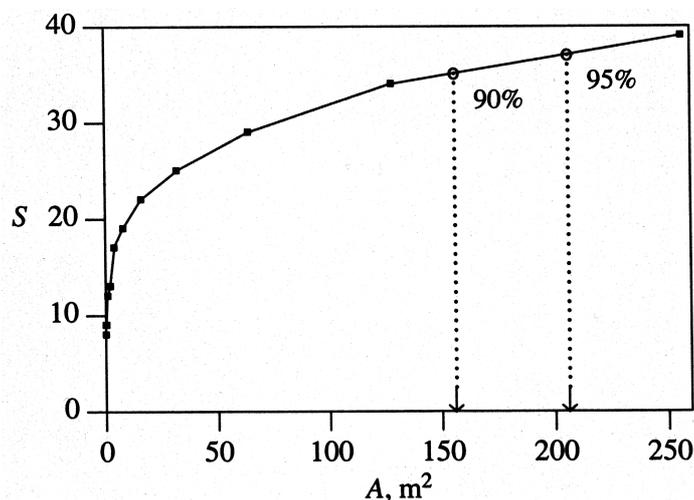


Figure 2 Courbe aire-espèces dans la chênaie de Fontainebleau

Des lignes pointillées verticales correspondent à 90% et 95% des 39 espèces ($S = 39$). Elles sont abaissées jusqu'à l'axe des x pour déterminer l'aire minimale qui serait de 150 m² (un quadrat de $\approx 12 \times 12$ m) ou de 200 m² (un quadrat de $\approx 14 \times 14$ m), respectivement. Comme la courbe aire-espèces n'est pas asymptotique (sa pente entre l'avant-dernier point et le dernier est encore de 0,039), il serait plus judicieux de porter l'aire minimale à 400 m² (un quadrat de 20×20 m). Une telle surface garantirait l'*homogénéité floristique* des relevés dans la chênaie.

Cette chênaie acidophile possède $S = 39$ espèces sur un quadrat de 256 m², soit un carré de 16 m de côté. Cependant, la courbe cumulative d'espèces, la *courbe aire-espèces*, n'est pas encore asymptotique. L'échantillon est donc insuffisant. Il faudrait prolonger la courbe en étendant l'inventaire des espèces sur un quadrat rectangulaire de 512 m², soit 16×32 m de côtés.

Diverses méthodes ont été proposées pour tirer parti des courbes empiriques aire-espèces [18]. Par exemple, Cain (*op. cit.*) a suggéré d'utiliser le point sur la courbe pour lequel un accroissement de 10% de la surface totale de l'échantillon n'ajoutait que 10% d'espèces supplémentaires du nombre total d'espèces recensées. Une estimation de l'aire minimale est obtenue lorsqu'une augmentation de 10% de la surface se traduit par un accroissement de seulement 5% du nombre des espèces inventoriées. Pour l'exemple ci-dessus, les aires minimales ne seraient alors que de 25 m² et 100 m², respectivement pour les 10% et 5% d'espèces supplémentaires, ce qui paraît notoirement insuffisant. Une autre approche, qui tient compte des objections faites à cette méthode, consiste à définir l'aire minimale sur la base de 90% ou 95% de S (Figure 2). Une valeur d'au moins 150 à 200 m² pourrait convenir, mais 400 m² constitueraient un optimum, compte tenu de l'exiguïté de l'inventaire.

La méthode des surfaces emboîtées présente l'inconvénient de surestimer les espèces rares si elles ont été rencontrées dans le premier quadrat. Dans ce cas, elles figureront dans tous les quadrats

ultérieurs. Une méthode statistiquement plus correcte serait d'utiliser des quadrats de taille croissante disposés au hasard dans la communauté, sans que les petits quadrats soient systématiquement inclus dans les grands. Il serait alors possible d'obtenir un nombre moyen d'espèces pour chaque taille de quadrat et une variance. Cependant, un tel dispositif est beaucoup plus difficile à implanter sur le terrain et n'a, de ce fait, que très rarement été utilisé.

Nous voyons qu'il est difficile de choisir un point sur la courbe pour définir de manière précise une aire minimale. Il semble donc bien que la courbe aire espèces ne soit pas une méthode théoriquement valable de définition de l'aire minimale. En effet, l'allure de la courbe dépend de nombreux facteurs (nombre, densité, dispersion spatiale des espèces sur la surface) et la méthode de détermination de la courbe est difficilement réalisable sur le terrain. Malgré ses imperfections, la méthode peut servir de guide et aider à se faire rapidement une idée de la surface minimum en dessous de laquelle il ne faut pas descendre si l'on veut avoir des chances d'embrasser une surface égale à l'aire minimale [10].

Une immense expérience empirique a permis aux phytosociologues de déterminer l'aire minimale phytosociologique, qui est le plus souvent représentée en Europe par de petites surfaces, pour les raisons évoquées plus haut.

Voici quelques ordres de grandeur [18] pouvant servir à réaliser des relevés floristiquement homogènes :

- Forêts avec strate arbustive : 200–500 m²
- Sous-bois seul : 50–200 m²
- Pelouses : 50–100 m²
- Landes : 10–25 m²
- Prairie amendée : 10–25 m²
- Pâturage amendé : 5–10 m²
- Communauté de « mauvaises herbes » des cultures : 25–100 m²
- Communauté muscinale : 1–4 (0,1–0,4) m²
- Communauté lichénique : 0,1–1 m².

Il ne faut perdre de vue que la taille du quadrat est une des composantes essentielles de l'échantillonnage en écologie. Le problème de l'aire minimale devra être soigneusement examiné avant toute campagne de recueil des données sur le terrain.

Composition d'un relevé

Le relevé comporte trois catégories d'informations :

- *Géographiques* : date, localité, coordonnées (éventuellement par GPS), altitude, pente, exposition
- *Environnementales* : lithologie, drainage, humidité, humus, sol, pH, facteurs biotiques (abrouissement par le gibier, défoliation, etc), microclimat
- *Spécifiques*, ou floristiques : liste des espèces végétales, éventuellement en fonction de la stratification des individus, avec des indications quantitatives d'abondance, de recouvrement, de biomasse ou, simplement qualitatives, de présence.

L'abondance-dominance selon Braun-Blanquet

Échelle des coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet :

- **5** : Nombre quelconque d'individus – recouvrement $> 3/4$ de la surface de référence ($> 75\%$)
- **4** : – Recouvrement entre $1/2$ et $3/4$ (50–75% de la surface de référence)
- **3** : – Recouvrement entre $1/4$ et $1/2$ (25–50% de la surface de référence)
- **2** : – Recouvrement entre $1/20$ et $1/4$ (5–25% de la surface de référence)
- **1** : – Recouvrement $< 1/20$, ou individus dispersés à couvert jusqu'à $1/20$ (5%)
- **+** : Peu d'individus, avec très faible recouvrement
- **r** : rare.

L'*abondance-dominance* est la notion la plus utilisée en phytosociologie. Braun-Blanquet a créé le *coefficient d'abondance-dominance*, qui associe les concepts d'*abondance* et de *dominance*. L'*abondance* exprime le nombre d'individus qui forment la population de l'espèce présente dans le relevé. La *dominance* représente le *recouvrement* de l'ensemble des individus d'une espèce donnée, comme la projection verticale de leur appareil végétatif aérien sur le sol. Le coefficient d'abondance-dominance est estimé visuellement. Il ne s'agit donc pas d'une véritable mesure. Son estimation est sujette à une part de subjectivité, qui est cependant négligeable dans l'analyse phytosociologique globale. Sur la Figure 3 sont représentées des valeurs estimées d'abondance-dominance (**4**, **2**, **1**, **+**, et **r**) d'une végétation fictive.

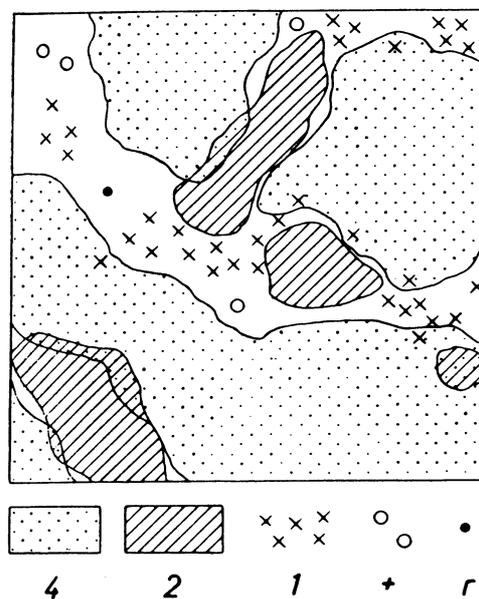


Figure 3 Représentation schématique des valeurs d'abondance-dominance pour cinq espèces (d'après [18])

On constate que l'abondance ne joue un rôle discriminant dans le coefficient que dans le cas des faibles valeurs de recouvrement.

Procédure

- L'espèce couvre-t-elle plus de 50% ?
 - Si plus de 75%, coefficient **5**
 - Si moins de 75%, coefficient **4**
- L'espèce couvre-t-elle moins de 50% ?
 - Si plus de 25%, coefficient **3**
 - Si moins de 25%, coefficient **2**
- L'espèce couvre-t-elle moins de 5% ?
 - Si individus abondants, coefficient **1**
 - Si individus peu abondants, coefficient **+**
- L'espèce est-elle rare (individu unique, très faible recouvrement) ?
Coefficient **r**.

Autres attributs des espèces

Vitalité, phénologie et types biologiques

Diverses notations peuvent être ajoutées, en indice ou en exposant, au coefficient d'abondance-dominance. Ainsi, on peut distinguer trois classes de vitalité [5, 22, 24] :

- Faible vitalité, jamais de fleurs ni de fruits °°
- Vitalité moyenne °
- Forte vitalité •

D'autres notations peuvent décrire l'*état phénologique* (feuillé-défeuillé, stérile-fleuri-fructifié) de chaque espèce. Ces aspects saisonniers demandent à revenir sur les mêmes sites dûment repérés, pour y effectuer de nouveaux relevés.

Les types biologiques de Raunkiaer, qui sont l'objet d'une description séparée, peuvent être associés à chaque espèce, en vue de l'établissement de spectres biologiques.

Sociabilité des espèces

Cette valeur, suivant une échelle de **1 à 5** d'après [5], désigne le degré de *dispersion spatiale* des individus. Elle peut être ajoutée au coefficient d'abondance-dominance, en la séparant de celle-ci par un tiret :

- 5 : Population presque pure, importante
- 4 : Petites colonies nombreuses ou formant un large tapis
- 3 : Population formant des petits groupes ou des coussins
- 2 : Agrégats ou groupes denses
- 1 : Croissance solitaire.

Ce caractère, quoique intéressant, est souvent omis dans les relevés.

Remarques

- ❖ L'annexe 1 est une présentation générale des échelles de mesures susceptibles d'être appliquées en analyse floristique, phytosociologique ou écologique.
- ❖ Le protocole d'échantillonnage demande beaucoup d'attention avant toute campagne de recueil des données sur le terrain. Le problème de l'aire minimale n'en est qu'un aspect. Il convient de considérer non seulement la surface, mais aussi la forme et le nombre des quadrats ainsi que leur répartition sur le terrain, afin d'optimiser l'échantillonnage dans ses modalités : aléatoires, systématiques ou stratifiées. Dès l'initiation du projet, on accordera une grande attention aux méthodes qui seront appliquées pour analyser les données [10, 14, 15, 16, 20].

Les tableaux de relevés

Si l'on effectue un certain nombre de relevés floristiques complets sur des surfaces au moins égales à l'aire minimale, on peut les comparer commodément en les transcrivant sur un tableau à double entrée, dans lequel chaque ligne est affectée à une espèce et chaque colonne à un relevé. Les espèces sont des *descripteurs*, les colonnes des *objets* et les indications à la croisée des lignes et des colonnes des *descriptions* [16]. Un tableau constitué de relevés disposés dans leur ordre de saisie sur le terrain est un tableau *brut*, qualitatif, semi-quantitatif ou quantitatif, suivant les attributs utilisés : présence, abondance-dominance, nombres d'individus, biomasse, etc. Le Tableau 1 donne un extrait de tableau brut provenant d'une série de relevés d'une communauté de Mousses corticoles dans les Vosges [26].

Tableau 1 Communauté muscinale corticole – Tableau floristique brut

Tableau brut												
Relevés N°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Espèces												
<i>Neckera pumila</i>	5	4	3	2	5	3	4	5	5	3	3	5
<i>Hypnum cupressiforme</i> ^a		1	2	3	3	2	2	+	1	4	2	3
<i>Metzgeria furcata</i>	+	2	1	3	3	2	3	3	3	+		1
<i>Pterygynandrum filiforme</i>						2	3	2	1	2		
<i>Microlejeunea ulicina</i>												3
<i>Radula complanata</i>		3	3	1	1	1	3	1		+	+	
<i>Frullania dilatata</i>		3	4	3		2						
<i>Isothecium viviparum</i>									3	3	4	2
<i>Orthotrichum lyellii</i>				3	2	2	2					
<i>Leucodon sciuroides</i>							2	3				
<i>Antitrichia curtipendula</i>										1		
<i>Neckera complanata</i>									2			
<i>Madotheca platyphylla</i>								1				
<i>Orthotrichum</i> sp.			2									
<i>Camptothecium sericeum</i>								1				

^a Var. *filiforme*

Les relevés floristiques ont été effectués à l'aide de quadrats de 4 dm² de superficie sur les écorces d'Érable sycomore et de Hêtre dans les Vosges. Ces relevés sont tabulés dans l'ordre de leur saisie sur le terrain. *Lignes* : espèces. *Colonnes* : relevés. *Nombres* : coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (Extrait, d'après [26]).

On peut remanier le tableau brut pour construire d'autres tableaux. Par exemple, en remplaçant les valeurs des coefficients d'abondance-dominance par une simple indication de présence (1) et d'absence (0) d'espèces, on obtient le Tableau 2. Cela se traduit évidemment par une perte d'information. Néanmoins, on peut considérer que la simple présence d'une espèce structure l'espace des relevés. Des traitements quantitatifs spécifiques peuvent être appliqués aux tableaux en présence-absence.

La lecture des tableaux peut s'effectuer verticalement et horizontalement. *Verticalement*, nous pouvons vérifier si les espèces en présence sont liées ou associées. Autrement dit, les espèces se trouvent-elles ensemble par hasard ? Sinon, peut-on identifier des groupes d'espèces liées par leurs exigences écologiques ? *Horizontalement*, des différences quantitatives (abondance-dominance) et qualitatives (présence-absence) entre relevés se manifestent. Malgré l'homogénéité floristique recherchée, et éventuellement testée, l'hétérogénéité environnementale et les interactions biotiques entraînent des différences entre relevés. Notre tâche est mettre en évidence des similarités entre relevés et de rassembler ceux qui se ressemblent, ou de séparer les plus dissemblables.

Tableau 2 *Communauté muscinale corticole – Tableau floristique présence-absence*

Tableau en présence-absence													
Relevés N°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Fr
Espèces													
<i>Neckera pumila</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
<i>Hypnum cupressiforme</i> ^a	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
<i>Metzgeria furcata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	11
<i>Radula complanata</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	9
<i>Pterygandrum fil.</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5
<i>Frullania dilatata</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Isothecium viviparum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	4
<i>Orthotrichum lyellii</i>	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	4
<i>Leucodon sciuroides</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Microlejeunea ulicina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Antitrichia curtipendula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Neckera complanata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Madotheca platyphylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Orthotrichum sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Camptothecium sericeum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Nombre d'espèces	2	5	6	6	5	7	7	8	6	7	4	5	15

^a Var. *filiforme*

Les coefficients du Tableau 1 ont été remplacés par les valeurs de présence (1) et d'absence (0) des espèces. *Dernière colonne* : fréquence absolue des espèces (Fr). Les espèces sont arrangées par fréquences décroissantes. *Dernière ligne* : nombre d'espèces par relevé. *Dernier nombre* (gras) : nombre total d'espèces recensées (richesse spécifique observée, *S*). Le nombre moyen d'espèces par relevé est de 5,7 avec une variance de 2,6. (Extrait, d'après [26]).

Quatre modifications ont été appliquées au Tableau 1 pour construire le Tableau 2 :

1. Les coefficients dans le Tableau 1 ont été remplacés par des **1** et les cases vides par des **0**. Le résultat est un *tableau en présence-absence*.
2. Une colonne a été ajoutée en bout de tableau. Elle contient les valeurs des *fréquences* (ou *présences*) des différentes espèces (**Fr**). La fréquence d'une espèce est le nombre de fois une

- espèce est présente dans un tableau (fréquence *absolue*) ou par rapport au nombre total de relevés dans le tableau (fréquence *relative*).
3. Les espèces ont été réarrangées par ordre de fréquence décroissante. Cette manipulation du tableau permet de souligner les espèces fréquentes, aussi appelées des espèces *communes*, et des espèces peu fréquentes, appelées des espèces *rare*s. Dans le Tableau 2, six espèces sont représentées une seule fois. Ce sont des espèces *uniques*.
 4. Une ligne supplémentaire en bas du tableau indique le nombre d'espèces par relevé. Ainsi, la *richesse spécifique* (ou *floristique*) varie entre 2 et 8 et totalise 15 pour l'ensemble du tableau. Il est facile de calculer une richesse moyenne par relevé ($\bar{S} = 5,7$) et une variance ($s^2 = 2,6$). L'apparition d'espèces nouvelles, de gauche à droite du tableau, permet de construire une *courbe cumulative d'espèces* qui tend à devenir asymptotique à mesure que le nombre de relevés s'accroît (*effort d'échantillonnage*).

La courbe cumulative d'espèces possède plusieurs fonctions :

- 1) Indiquer si l'effort d'échantillonnage est suffisant (la courbe plafonne) ou doit se poursuivre (la pente est encore trop forte), pour optimiser l'échantillonnage
- 2) Comparer les richesses spécifiques de communautés soumises à des efforts d'échantillonnage différents
- 3) Améliorer la connaissance de la richesse totale de la communauté, une des composantes de la biodiversité.

Ainsi, pour notre exemple, les nombres cumulés d'espèces sont, successivement : 2, 5, 6, 7, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 14, 15. La courbe construite directement à partir de ces données n'est pas régulière. Sa forme dépend de l'ordre d'entrée des relevés. Pour remédier à cet inconvénient, il est possible de « lisser » la courbe à l'aide d'un ordinateur. La méthode est basée sur un rééchantillonnage aléatoire de l'ensemble des relevés (Figure 4). Il est clair, d'après ce traitement, que l'effort d'échantillonnage est tout à fait insuffisant pour rendre compte de la richesse totale de la communauté des Bryophytes corticoles.

Tableau 3 *Communautés muscinales corticoles*

Tableau des données écologiques												
Relevés N°	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Altitude	600	520	650	580	800	780	650	680	800	680	520	620
Substrat	F	F	A	A	A	A	A	A	A	F	F	F

Le substrat est l'écorce de vieux Hêtres (F : *Fagus sylvatica* L.) et d'Érables sycomores (A : *Acer pseudoplatanus* L.) L'altitude est en m.

Les relevés floristiques sont accompagnés de mesures et (ou) d'observations écologiques. Le Tableau 3 fournit les valeurs qualitatives et quantitatives de deux variables, réunies en un *tableau écologique*, qui va pouvoir être croisé avec le tableau floristique. Cette procédure permet de répondre à des questions :

- Certaines espèces ou combinaisons floristiques sont-elles liées aux écorces du Hêtre de préférence à celles de l'érable ? La flore sur Érable est-elle plus riche que sur Hêtre ? La nature de l'écorce est une variable qualitative, selon une échelle *nominale*.
- Les espèces ou groupes d'espèces, sont-ils corrélés avec l'altitude ? L'altitude est une variable quantitative, selon une échelle *par intervalles* (voir Annexe 1).

Ce type d'analyses sera traité dans d'autres chapitres.

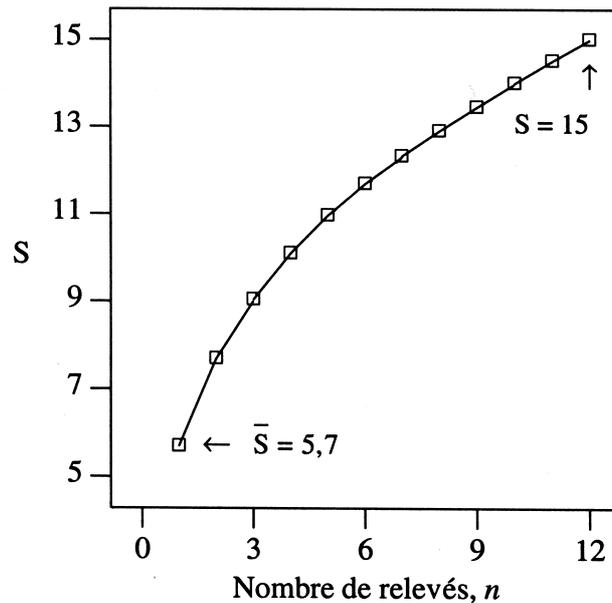


Figure 4 Richesse spécifique cumulée pour le tableau floristique

Cette courbe montre le nombre d'espèces trouvées en fonction du nombre de relevés pris en compte. Pour un effectif de X relevés, N = 10 000 tirages aléatoires ont été effectués et la moyenne des richesses spécifiques calculée. Les effectifs des relevés pris en compte varient de 1 (on obtient la richesse moyenne par relevé) à n = 12 (on obtient la richesse spécifique totale) [28]. L'effort d'échantillonnage est ici très insuffisant, car la courbe est loin d'être asymptotique.

Conclusion

L'analyse est limitée ici : (1) À une liste d'espèces qui, par leur simple présence, renseignent sur la structure floristique de la communauté ; (2) Aux fréquences des espèces, dont certaines sont communes et d'autres rares ; (3) Aux variations des richesses floristiques entre relevés, ainsi qu'à la richesse floristique totale S ; (4) À l'optimisation de l'échantillonnage par l'examen de la courbe de richesse spécifique cumulée.

Il reste, cependant, à étudier d'autres aspects importants : (1) les liaisons (ou associations, ou dépendances) interspécifiques pour rechercher d'éventuels groupes floristiques/écologiques ; (2) les similarités entre les relevés, en vue de leur *classement* ou de leur *ordination*.

Références

- [1] Barkman J.J., Doing H. & Segal S. (1964). Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica* 13, 394–419.
- [2] Blondel J. (1979). *Biogéographie et Écologie*. Masson, Paris.
- [3] Bournérias M., Arnal G. & Bock Ch. (2001). *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*. Belin, Paris.
- [4] Braque R. (1987). *Biogéographie des Continents*. Masson, Paris.

- [5] Braun-Blanquet J. (1951). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer, Wien.
- [6] Deléage J.P. (1992) *Histoire de l'écologie. Une science de l'homme et de la nature*. La Découverte, Paris.
- [7] Drouin J.-M. (1991) *Réinventer la nature. L'écologie et son histoire*. DDB, Paris.
- [8] Ellenberg H. (1982). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Ulmer, Stuttgart.
- [9] Frontier S. et Pichod-Viale D. (1993). *Écosystèmes. Structure – fonctionnement – évolution*. 2^{ème} éd., Masson, Paris.
- [10] Gounot M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson, Paris.
- [11] Guinochet M. (1955). *Logique et dynamique du peuplement végétal*. Masson, Paris.
- [12] Guinochet M. (1973). *Phytosociologie*. Masson, Paris.
- [13] Guinochet M. (1973–1984). *Flore de France*. Éditions du CNRS, Doin, Paris, 5 Vol. (comporte une clef phytosociologique détaillée des classes, ordres et alliances, qui est une référence pour la France).
- [14] Jager J.C. & Looman C.W.N. (1995). Data collection. In : R.H. Jongman, C.J.F. ter Braak & O.F.R. van Tongeren (editors); *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 10-28.
- [15] Krebs C.J. (1999). *Ecological Methodology*. 3rd Ed., Addison Welsey Educational Publishers, Inc., Menlo Parc, CA.
- [16] Legendre L. et Legendre P. (1984). *Écologie numérique*. 1. *Le traitement multiple des données écologiques*. 2. *La structure des données écologiques*. 2^{ème} Éd. Masson et Presses de l'Université du Québec, Paris, Québec.
- [17] Lemée G. (1967). *Précis de Biogéographie*. Masson, Paris.
- [18] Mueller-Dombois D. and H. Ellenberg. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley International Edition, London.
- [19] Oberdorfer E. (1979). *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. Ulmer, Stuttgart. (Flore phytosociologique particulièrement utile en Alsace).
- [20] Pielou E.C. (1984). *The Interpretation of Ecological Data*. Wiley, New York.
- [21] Rameau J.C., Mansion D. et Dumé G. (1989–1993). *Flore forestière française. Guide écologique illustré*. 1. *Plaines et collines*; 2. *Montagnes*. Lavoisier TEC & DOC, Diffusion Institut pour le Développement Forestier, Paris. (Flore phytosociologique remarquablement bien illustrée et pratique).
- [22] Reynaud-Beauverie M.-A. (1936). *Le milieu et la vie en commun des plantes*. Lechevalier, Paris.
- [23] Ruffray P. de, Brisse H., Grandjouan G. et Garbolino E. (1978–1998). SOPHY. Banque de Données Botaniques et Écologiques. <http://jupiter.u-3mrs.fr/~msc41www/>.
- [24] Vanden Berghen C. (1982). *Initiation à l'étude de la végétation*. Jardin Botanique National de Belgique (3^{ème} ed.).
- [25] van der Maarel E. (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39, 97–114.
- [26] Walter J.-M.N. (1979). Groupements muscinaux dans les Vosges moyennes. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Colmar* 56, 91–102, 15 tableaux.
- [27] Software for *Ecological Methodology*, Version 6.1 Exeter Software, 100 North Country Rd. Setauket, NY 11733 USA. <http://www.exetersoftware.com>.
- [28] Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S. et Olivier J.-M. (1997). ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing* 7, 75–83. <http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4/>.
- [29] *Species Diversity & Richness*, Version 2, PISCES Conservation Ltd, IRC House, The Square, Pennington, Lymington, Hants, SO41 8GN UK. <http://www.irchouse.demon.co.uk/>.

Notes

- ❖ L'étude phytosociologique suppose une très bonne connaissance de la botanique, des flores locales et régionales. Une excellente flore phytosociologique forestière pour la France est celle de Rameau *et al.* [21]. D'autres flores, moins connues, sont celle de Guinochet [10–12], d'Oberdorfer [19] pour l'ouest de l'Allemagne. Une introduction moderne à la phytosociologie, remarquablement illustré, est l'ouvrage de Bournérias *et al.* [3].
- ❖ De nombreuses revues publient des travaux phytosociologiques : celles de la *Société Botanique de France (Acta Botanica Gallica)*, de sociétés scientifiques régionales, entre autres. Des revues internationales comme *Phytocænologia*, *Journal of Vegetation Science*, *Documents phytosociologiques* et *Colloques phytosociologiques*, en publient abondamment. *Vegetatio* (devenue *Plant Ecology*) publie des travaux sur la classification et l'ordination des communautés végétales.
- ❖ Une banque moderne de données phytosociologiques et écologiques pour la France est accessible sur l'Internet [23].
- ❖ En Annexe 1 sont fournis des commentaires sur les échelles de mesures en phytosociologie et en écologie. L'Annexe 2 donne l'exemple d'un tableau phytosociologique en forêt. L'Annexe 3 décrit les principes de la nomenclature phytosociologique. L'Annexe 4 présente un tableau succinct des principaux groupements végétaux de France.

Glossaire

- ♣ **Abondance** : Nombre d'individus présents dans une communauté. Voir **densité**.
- ♣ **Association végétale** : Unité abstraite de végétation, définie par un cortège d'espèces caractéristiques, et représentative de conditions écologiques déterminées. Elle est le matériau de base du système de classification floristico-écologique de la végétation selon Braun-Blanquet.
- ♣ **Caractéristiques** : Espèces plus ou moins localisées dans une **association**, qui permettent de la caractériser floristiquement, qu'elles y soient exclusives, régionales ou locales, fréquentes ou non.
- ♣ **Communauté végétale** : Unité reconnaissable du tapis végétal caractérisée par sa physionomie, sa composition floristique, sa structure et son écologie (synonyme : **phytocénose**).
- ♣ **Compagnes** : Espèces présentes dans les relevés, mais non liées particulièrement à une association déterminée.
- ♣ **Densité** : Nombre d'individus par unité de surface.
- ♣ **Différentielles** : Espèces compagnes de la plus haute abondance-dominance permettant de différencier deux variantes d'une même association.
- ♣ **Dominance** : Statut social de la plante dans la communauté, exprimé au moyen du **recouvrement**, de la densité et de la fréquence. Une plante, une espèce, peuvent être dominantes, co-dominantes, sous-dominantes, dominées.
- ♣ **Fréquence** : Nombre d'occurrences d'individus ou d'espèces dans une communauté par rapport au nombre total de points, ou de placettes, échantillonnés.
- ♣ **Groupe écologique** : Ensemble d'espèces présentant les mêmes affinités écologiques. Par exemple, les espèces *acidophiles*, *nitratophiles*, *mésophiles*, *hygrophiles*.
- ♣ **Habitat** : lieu où vit un organisme. Souvent employé comme synonyme de *biotope*.

- ♣ **Phase dynamique** : En un site donné, étape temporelle du développement de la végétation, caractérisée par un *état de croissance* (état juvénile, mûre, sénescence). Une phase dynamique est l'équivalent temporel de l'*élément* (en anglais 'patch', qui évoque le 'patchwork'), unité spatiale de la *mosaïque* du tapis végétal. Voir aussi l'expression 'gap phase dynamics', traduite par *dynamique des phases de reconstitution sur trouée*.
- ♣ **Recouvrement** : Surface de projection verticale de l'appareil aérien du végétal (couronne, cime), ou de la végétation (canopée) au sol, ou proportion, ou pourcentage, de cette surface par rapport à la surface totale inventoriée.
- ♣ **Richesse spécifique** : Nombre d'espèces S , présentes dans une communauté sur une aire de référence A .
- ♣ **Stade successional** : En un site donné, étape définie dans les changements temporels de la végétation (*succession écologique*), et caractérisée par une composition floristique déterminée. Par exemple, stades *pionniers, post-pionniers, forestiers*.
- ♣ **Stratification** : Répartition verticale des plantes en couches plus ou moins horizontales, les *strates*. On distingue une stratification des individus, des espèces, des biomasses. Il est souvent commode de définir des strates arborescente, arbustive, herbacée, muscinale.
- ♣ **Tableau phytosociologique** : Le *tableau brut* contient les relevés tels qu'ils ont été saisis sur le terrain. Le *tableau synthétique* regroupe tous les relevés d'un type déterminé de végétation et ordonnés de manière à souligner les espèces *caractéristiques* de l'association, les espèces *différentielles*, les espèces *compagnes* et les *groupes écologiques*.



Annexe 1 : Échelles de mesures

La mesure de l'abondance, de la dominance ou de l'abondance-dominance d'une espèce, ou du statut d'un facteur du milieu, signifie qu'à chaque unité d'échantillonnage (relevé) soit assignée une valeur. Ces valeurs contiennent l'information sur les échantillons collectés. Elles peuvent être reliées les unes aux autres de différentes façons qui sont les échelles de mesures :

- Nominale
- Ordinale
- Par intervalles
- Par ratios.

Les deux premières échelles sont « qualitatives », les deux dernières sont « quantitatives ». De la première à la dernière, les contraintes augmentent, en même temps que leur « force ». Ainsi, l'échelle nominale correspond à une échelle « faible », tandis l'échelle par ratios est une échelle « forte ».

L'**échelle nominale** est la moins restrictive. Les valeurs n'ont pas de relations les unes avec les autres et sont souvent considérées comme des classes. Si par exemple nous indiquons pour les relevés les types de sols, sous les formes « argile », « limon », « sable », « tourbe », et que nous leur assignons les valeurs 10, 11, 17 et 22, respectivement, ces dernières n'impliquent pas des relations d'ordre et les différences entre elles n'ont pas de fonctions. Ces valeurs ne représentent en effet que des noms de classes.

Tableau 4 Échelles de mesures en phytosociologie

Braun-Blanquet			Barkman		Van der Maarel
Symbole	Recouvrement %	Recouvrement Moyen % ^a	Symbole	Recouvrement % ou Abondance	Échelle d'Abondance-Dominance
			r	Rare	1
		0,1	+	Peu abondant	2
1	< 5	5,0	1	Abondant	3
			2m	Très abondant	4
2	5–25	17,5	2a	5–12,5	5
			2b	12,5–25	6
3	25–50	37,5	3	25–50	7
4	50–75	62,5	4	50–75	8
5	> 75	87,5	5	> 75	9

^a Échelle originale de Braun-Blanquet pour les recouvrements, étendue par Barkman pour l'abondance-dominance, puis recodée par van de Maarel. D'après [14].

On utilise souvent dans les tableaux synthétiques de relevés un recouvrement moyen R, calculé comme suit, après transformation de l'abondance-dominance en pourcentage de recouvrement moyen à l'aide de l'échelle ci-dessus, puis on utilise l'expression : $R = (\text{somme des recouvrements moyens} / \text{nombre de relevés}) \times 100$.

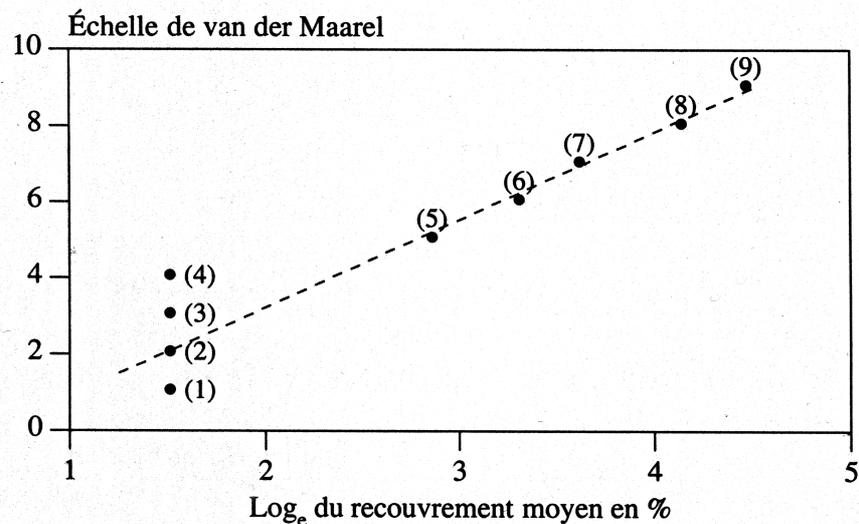


Figure 5 Abondance-dominance selon van der Maarel et recouvrement moyen en %

L'échelle **ordinaire** implique plus qu'une échelle nominale, plus précisément un rang parmi les valeurs ou classes. L'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet représente une échelle ordinaire. Cette échelle a été étendue par Barkman et al. [1], puis recodée en valeurs numériques par van der Maarel [25] pour pouvoir être utilisée en analyses numériques. Le Tableau 4 représente ces échelles. La Figure 5 montre, sur une échelle logarithmique des pourcentages de recouvrement (dominance), les valeurs d'abondance-dominance des espèces recodées selon van der Maarel. On voit que cette relation n'est approximativement linéaire que pour des valeurs de recouvrement de **5** à **9**. Les valeurs d'abondance de 1 à 4 représentent de façon tout à fait irréaliste la même valeur de

recouvrement. Les valeurs et les symboles de cette échelle peuvent être ordonnés suivant les abondances, de faibles à élevées, mais les différences entre les valeurs ne sont pas fixées. On ne peut guère dire que la différence entre **1** et **2** est moins ou plus que la différence entre **4** et **5**. Pour cette raison, les calculs de moyennes et d'écart-types ne peuvent donner que des résultats peu probants. Un autre exemple d'échelle ordinale est représenté par un simple arrangement d'objets, par exemple lorsque l'on classe des objets comme des ruisseaux ou des haies en rapport avec leur valeur pour la conservation de la nature.

Une échelle ordinale particulièrement bien conçue pour les dénombrements au sein des populations est proposée par Frontier et Pichod-Viale [9]. Elle est une *cotation d'abondance*, constituée d'une série de classes d'abondance, choisies en fonction de leur progression géométrique :

- **1** : 1 – 4 individus dans l'échantillon (espèce très rare)
- **2** : 4 – 18 (rare)
- **3** : 18 – 80 (assez rare)
- **4** : 80 – 350 (assez nombreuse)
- **5** : 350 – 1500 (nombreuse)
- **6** : 1500 – 6500 (très nombreuse).

Les bornes des classes suivent une progression géométrique de raison 4,3, ce qui correspond à la quantité d'information (4,3 bits) apportée par un évènement ayant *a priori* 5% de chances de se produire. Une abondance sera significativement supérieure à partir du moment où elle lui est 4,3 fois supérieure. Une autre cotation d'abondance, plus simple, est : **0**, absence ; **1**, présence avec peu d'abondance ; **2**, présence et abondance.

Malgré leur faible précision, ces méthodes ordinales ont l'avantage de la rapidité autorisant une grande densité d'observations et se prêtent à des traitements statistiques avancés.

L'**échelle par intervalles** possède une unité constante de mesure. Les différences entre les valeurs sont comparables. Par exemple, une différence de température de 5°C a la même signification sur toute l'échelle centigrade. Cependant, pour une échelle par intervalles, la position du zéro est arbitraire. Ceci entraîne que nous pouvons dire qu'une différence est deux fois plus grande qu'une autre, mais nous ne pouvons pas affirmer qu'un objet est deux fois plus grand qu'un autre si leurs valeurs correspondantes sont dans un rapport de 2 à 1. Avec l'échelle par intervalles, on peut calculer des moyennes et des écart-types.

L'**échelle par ratios** a un point 0 déterminé. Il est donc tout à fait significatif et probant de vouloir calculer des ratios. Les mesures d'abondance pour les espèces sont souvent des mesures relatives, par exemple des nombres d'individus ou des proportions (exprimés de 0 à 1, ou en pourcent).

Le choix d'une échelle de mesure est très important et doit être adapté à la méthode utilisée pour l'analyse des données. Certaines méthodes analytiques nécessitent une échelle « forte » et ne peuvent convenir à l'analyse des données mesurées sur une échelle « faible ». Bien que l'on puisse réduire des données « fortes » sur une échelle « faible », *a posteriori*, il est toujours préférable d'utiliser l'échelle la plus « faible » possible, du moment que l'obtention des données utilisant une échelle « faible » nécessite beaucoup moins d'effort que les mesures utilisant une échelle « forte ». Par exemple, les données en présence-absence d'espèces sont beaucoup plus faciles à obtenir que les données en proportion (échelle par ratios).

Annexe 2 : Exemple de relevés phytosociologiques

Tableau 5 Exemple de relevés en forêt (d'après Trémolières et Walter, inédit)

Numéros	Relevé 1	Relevé 2	Relevé 3	Relevé 4
Date	18/10/1984	18/10/1984	14/11/1988	14/11/1988
Pente, Degrés	0	0	0	0
Surface, m ²	400	400	400	400
Hauteur maximale, m	25	35	27	30
Recouvrement, %				
Arbres	50	50	95	75
Arbustes	80	85	2	85
Herbes	2	50	85	10
Mousses	0	0	0	0
1. STRATE ARBORESCENTE				
<i>Quercus pedunculata</i>	3	3	2	+
<i>Fagus sylvatica</i>			5	5
<i>Acer campestre</i>	2			
<i>A. pseudoplatanus</i>				1
<i>A. platanoides</i>			(+)	
<i>Fraxinus excelsior</i>	3	2		
<i>Populus nigra</i>		3		
<i>P. alba</i>		(3)		
<i>Juglans nigra</i>	1			
<i>Hedera helix</i>	2	2		
<i>Clematis vitalba</i>	2	3		
2. STRATE ARBUSTIVE				
HAUTE				
<i>Cornus sanguinea</i>	3	3		r
<i>Corylus avellana</i>	4	4		+
<i>Crataegus monogyna</i>	2	+		+
<i>Prunus fruticans</i>	2	1		
<i>P. padus</i>	1	1	1	
<i>Ulmus minor</i>	1			+
<i>U. glabra</i>				r
<i>Fraxinus excelsior</i>	2	2		+
<i>Acer campestre</i>	1	1		r
BASSE				
<i>Ligustrum vulgare</i>	1		1	+
<i>Daphne mezereum</i>	+			
<i>Lonicera xylosteum</i>	1			
<i>Hedera helix</i>	2			
<i>Fraxinus excelsior</i>	1			

Numéros (suite)	Relevé 1	Relevé 2	Relevé 3	Relevé 4
<i>Euonymus europæus</i>	1		r	
<i>Carpinus betulus</i>				r
<i>Corylus avellana</i>	2			
<i>Tilia cordata</i>		+		
<i>Acer campestre</i>	+	+		r
<i>A. platanoides</i>			1	
<i>A. pseudoplatanus</i>			1	5
<i>Prunus padus</i>	+	1	1	
<i>P. avium</i>				+
<i>Cornus sanguinea</i>		1		
<i>Clematis vitalba</i>	1	1		
<i>Tamus communis</i>	+			
<i>Rubus sp.</i>	+		r	
<i>Viburnum lantana</i>	+			
<i>Fagus silvatica</i>	+			3
<i>Picea excelsa</i>			r	
3. STRATE HERBACÉE				
HERBES				
<i>Brachypodium silvaticum</i>	1	+	r	+
<i>Convallaria maialis</i>	1			
<i>Polygonatum multiflorum</i>		+		
<i>Aegopodium podragaria</i>		2		
<i>Primula elatior</i>		+		
<i>Carex sp.</i>			1	+
<i>Viola sp.</i>				r
SEMIS (LIGNEUX)				
<i>Clematis vitalba</i>		1		
<i>Hedera helix</i>	2	4	5	2
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	1	+	
<i>Quercus pedunculata</i>	+	+		
<i>Prunus padus</i>		+		
<i>P. fruticans</i>	+			
<i>Acer campestre</i>	+			
<i>A. pseudoplatanus</i>			+	
<i>A. platanoides</i>			+	
<i>Viburnum lantana</i>	+			
<i>Ligustrum vulgare</i>			+	
<i>Cratægus monogyna</i>			+	
4. STRATE CRYPTOGAMIQUE				
<i>Fissidens bryoides</i>		r		

Lieu : forêt du Neuhof (Strasbourg). Altitude : 138 m. Topographie : levée alluviale. Végétation : forêt alluviale rhénane à bois durs (relevés 1 et 2) et plantation de Hêtres (50 ans : relevé 3; 80 ans : relevé 4). Sol (relevés 1 et 2) : sol alluvial brut à hydromull calcique, début d'accumulation foliaire, pH : neutre. Sol (relevés 3 et 4) : sol alluvial brut à hydromull calcique, modifié par la présence du Hêtre, avec tendance au moder (couche fongique et couche humique pulvérulente) dans le relevé 3, beaucoup de turricules de Lombrics et activité biologique élevée dans le relevé 4. Une plante située en-dehors des limites du relevé mais très proche, ou y projetant son appareil aérien, a son coefficient entre parenthèses.

Annexe 3 : Nomenclature phytosociologique

Associations

Du point de vue de la terminologie, les noms d'association sont formés en mettant le nom de l'espèce au génitif et en adoptant pour le genre les désinences :

- L'association à *Quercus robur* sera le *Quercetum roboris*
- L'association à *Cardamine amara* sera le *Cardaminetum amarae*
- L'association à *Fumaria officinalis* sera le *Fumarietum*
- L'association à *Molinia caerulea* sera le *Molinietum*
- L'association à *Carex curvula* sera le *Curvuletum*
- L'association à *Quercus coccifera* sera le *Cocciferetum*.

Si l'on associe deux espèces caractéristiques, la première vient à l'ablatif. Ainsi :

- L'association à *Quercus* et *Carpinus* devient le *Querco-Carpinetum*
- L'association à *Panicum crus-galli* et à *Chenopodium* sp. devient le *Panico-Chenopodietum*
- L'association à *Calluna vulgaris* et *Erica cinerea* devient le *Calluneto-Ericetum cinerea*.

On peut ajouter également un qualificatif géographique. Ainsi :

- L'association des chênaies acidophiles de la plaine d'Alsace sera le *Quercetum medio-europaeum*
- L'association des chênaies de la région méditerranéenne sera le *Quercetum ilicis occidentale*
- L'association à *Androsace helvetica* sera l'*Androsacetum helvetica*
- L'association des hêtraies sur calcaires du Jura et des Préalpes sera le *Fagetum praalpino-jurassicum*
- Les associations des hêtraies-sapinières d'Alsace et du Jura seront appelées *Abieto-Fagetum rhenanum* et *jurassicum*, respectivement.

Finalement, on peut aussi exprimer l'association d'après des facteurs écologiques marquants. Ainsi :

- L'association des prairies à *Bromus erectus* des lieux secs sera le *Xerobrometum*
- L'association des prairies à *Bromus erectus* des lieux mésophiles sera le *Mesobrometum*.

Sous-associations

On ne considère pas des espèces caractéristiques spéciales, mais des espèces différentielles. Les sous-associations et les faciès seront définis, soit par des différentielles édaphiques, soit par des différentielles climatiques. Par exemple, en Alsace, plusieurs associations possèdent un sol humide où la molinie domine. Les sous-associations correspondantes seront identifiées en ajoutant au nom de l'association le nom *molinetosum*. Autre exemple : l'association des prairies de fauche est l'*Arrhenatheretum elatioris*. Elle comporte des sous-associations – *typicum*, – *brometosum*, – *alopecuretosum*, suivant la dominance de l'*Arrhenatherum elatius*, de *Bromus erectus* ou de l'*Alopecurus pratensis*.

Il suffit donc d'ajouter le suffixe *-etosum* pour désigner l'élément différentiel de la sous-association ou du faciès.

Systematique des associations

Le système hiérarchique de classification d'après Braun-Blanquet est organisé comme suit :

- Alliances : elles regroupent les associations qui se ressemblent. Pour leur dénomination on ajoute le suffixe *-ion* au nom d'un genre caractéristique. Par exemple, le *Fagion*, le *Quercion*, le *Bromion*.
- Ordres : ils regroupent les alliances qui se ressemblent. Pour leur dénomination on ajoute le suffixe *-etalia* au nom d'un genre caractéristique. Par exemple, *Fagetalia*, *Quercetalia*.
- Classes : ils regroupent les ordres qui se ressemblent. Pour leur dénomination on ajoute le suffixe *-etea* au nom d'un genre caractéristique. Par exemple, *Fagetea*, *Quercetea*.

Exemples :

- Les associations des lieux humides dominés par *Phragmites communis* appartiennent à l'alliance du *Phragmition*, à l'ordre des *Phragmitetalia*, à la classe des *Phragmitetea*.
- Certaines prairies humides de l'association à *Caltha palustris* appartiennent à l'alliance du *Calthion*. D'autres, moins humides, à *Molinia coerulea*, appartiennent à l'alliance du *Molinion*. Les deux alliances appartiennent à l'ordre des *Molinietalia*. Les prairies à *Arrhenatherum elatius* appartiennent à la classe des *Molinio-Arrhenatheretea*.

Pour chacun des niveaux hiérarchiques il existe des espèces caractéristiques.



Annexe 4 : Principaux groupements végétaux de France

1. Groupements des fentes de rochers (Classe des *Asplenieta rupestris*)

Ce sont des associations très spéciales, très différentes suivant qu'elles sont exposées au Nord ou au Sud. Les plantes qui les constituent sont des chasmophytes : *Asplenium trichomanes*, *Polypodium vulgare*, *Ceterach officinarum*, *Sedum dasyphyllum*.

Suivant la nature calcaire ou siliceuse des substrats, on distingue l'ordre des *Potentiletalia caulescentis* (calcaire) et l'ordre des *Androsacetalia Vandellii* (silice), avec *Asplenium septentrionale* et *Antirrhinum asarina*, comme espèces caractéristiques.

2. Groupements des éboulis (Classe des *Thlaspetea rotundifolii*).

Il existe des nombreuses associations selon les climats. Par exemple, *Phyllitis scolopendrium* caractérise les éboulis calcaires sur versants ombragés.

3. **Groupements des pelouses sèches sur sols siliceux** (Classe des *Corynephoretea*)

Il s'agit des associations à *Corynephorus canescens* sur sables siliceux plus ou moins mouvants. Elles comportent beaucoup de thérophytes. L'association typique est le *Corynephoretum canescentis*, que l'on trouve en Forêt de Haguenau (Bas-Rhin).

4. **Groupements des pelouses et des prairies sèches sur calcaire** (Classe des *Festuco-Brometea*)

Sur les collines calcaires (par exemple : pré-vosgiennes), on trouve le *Mesobrometum*. Sur les rendzines les plus sèches et les plus minces, le *Mesobrometum* cède la place au *Xerobrometum*. Ces pelouses sont souvent fauchées ou soumises au pacage.

5. **Groupements des prairies mésophiles régulièrement fauchées** (Classe des *Arrhenatheretea*)

L'*Arrhenatheretum elatioris* est caractéristique des prairies de fauche de la plaine d'Alsace. En altitude, on trouve des associations voisines.

6. **Groupements des prairies hygrophiles** (Classe des *Molinio-Juncetea*)

Ces groupements sont caractérisés par les molinies et les joncs. Les sols sont hygromorphes et plus ou moins tourbeux. Le *Molinetum* caractérise les Rieds d'Alsace.

7. **Groupements des grandes herbes des bords des lacs, des étangs, des cours d'eau** (Classe des *Phragmitetea*)

Le *Phragmition* est caractérisé par le roseau commun. Le *Magnocaricion* est caractérisé par *Typha latifolia* et les grands *Carex*.

8. **Groupements des étangs périodiquement inondés et exondés** (Classe des *Littorelletea*)

Ces groupements sont caractérisés par les genres *Littorella*, *Juncus*, *Scirpus*, *Isoetes*.

9. **Groupements aquatiques** (Classe des *Potametea*)

Ces groupements contiennent des genres comme *Potamogeton*, *Nuphar*, *Myriophyllum*, *Elodea*, *Lemna*, *Callitriche*, *Hippuris*.

10. **Groupements des sources et des ruisseaux** (Classe des *Montio-Cardaminetea*)

Ces groupements fontinaux sont caractérisés par *Montia rivularis*, *Cardamine amara*, *Chrysosplenium oppositifolium* (courants rapides).

11. **Groupements des tourbières à Sphaignes** (Classe des *Oxycocco-Sphagnetea*)

On trouve dans ces groupements les principales caractéristiques : *Oxycoccus palustris*, *Andromeda polifolia*, *Drosera rotundifolia*.

12. Groupements des pelouses et des landes sur sols acides (Classe des *Nardo-Callunetea*)

Ce sont les pelouses à *Nardus stricta*, les landes à bruyères (*Calluna vulgaris*, *Erica cinerea*, *Erica tetralix*), à genêts (*Sarothamnus scoparius*, *Genista purgans*, *G. sagittalis*, etc), à ajoncs (*Ulex europæus*), souvent reboisées en résineux.

13. Groupements des forêts à feuilles caduques sur sols acides (Classe des *Quercetea robori-petraea*)

Ils caractérisent les chênaies acidophiles sur sols décalcifiés, souvent podzolisés, par exemple le *Quercetum medio-europæum*. Les chataigneraies et les robiniaies peuvent leur être rattachées.

14. Groupements des forêts caducifoliées sur sols faiblement acides, neutres ou basiques (Classe des *Querceto Fagetea*)

Ces associations se développent sur sols riches à grande activité biologique, à mull (sols bruns). Les principales associations comprennent le *Querceto-Carpinetum*, chênaies-charmaies, plus ou moins humides; sur sols calcaires, des forêts thermophiles apparaissent, les chênaies pubescentes (*Quercetum pubescentis*, *Querceto-Lithospermetum*). En moyenne montagne, on trouve les nombreuses associations des hêtraies, des hêtraies-sapinières (*Abieto-Fagetum*). On peut rattacher à cette vaste classe hétérogène, les aulnaies à frênes (*Pruno-Fraxinetum*) et les chênaies-ormaises des bords de rivières (*Querceto-Ulmetum*).

15. Groupements des forêts marécageuses (Classe des *Alnetea glutinosæ*)

Ce sont les associations très humides à aulnes glutineux, à saules, *Carex*, des bas marais et des bords de rivières : *Alnetum glutinosæ*, *Salici-Populetum*, avec leur nombreuses sous-associations et variantes.

16. Groupements des forêts et des landes subalpines (Classe des *Vaccinio-Picetea*)

Ce sont les forêts de conifères et les landes à Éricacées (*Vaccinium*, *Rhododendron*) de l'étage subalpin. Ces associations sont très acidophiles et variées.

17. Groupements des hautes herbes des montagnes (Classe des *Betulo-Adenostyletea*)

Ces associations comprennent des mégaphorbiées, caractéristiques des milieux humides et riches en nitrates en montagne. On y trouve des espèces comme *Adenostyles alliaria*, *Lunaria rediviva*, *Mulgedium alpinum*, etc.

18. Groupements de l'étage alpin

- Classe des *Elymo-Seslerietea*, des pelouses neutro-basiques sur sols calcaires
- Classe des *Caricetea curvulae*, des pelouses acidophiles sur sols siliceux ou décalcifiés
- Classe des *Salicetea herbaceae*, des combes à neige.

19. Groupements du bord des mers

- Classe des *Ammophiletea*, des dunes maritimes

- Classe des *Salicornietea*, des vases salées
- Classe des *Crithmo-Staticetea*, des rochers de bords de mer.

[20] Groupements méditerranéens

- Classe des *Quercetea ilicis*, avec les associations de forêts, de garrigues, de maquis (matorrales) : *Quercetum ilicis gallo-provinciale*, *Querceto mediterraneo-montanum*, *Cocciferetum*
- Classe des *Cisto-Lavanduletea*, sur terrains siliceux, résultant de la dégradation des forêts de chênes verts
- Classe des *Ononido-Rosmarinetea*, sur terrains calcaires, résultant de la dégradation des forêts de chênes verts, avec l'association du *Rosmarino-Lithospermetum* sur sables dolomitiques
- Classe des *Thero-Brachypodietea*, stades ultimes de l'évolution régressive résultant de la dégradation des forêts de chênes verts. Ces associations sont riches en thérophytes.

[21] Groupements des cultures

Il s'agit des associations des « mauvaises herbes » des cultures, des décombres, des voisinages des maisons.

- Classe des *Secalinetea*, associations messicoles des cultures de céréales (espèces ségétales)
- Classe des *Chenopodietea*, associations des cultures sarclées, des décombres, des bords de chemins (espèces rudérales, nitratophiles).



Fait en 1994, révisé en 2006