

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement



Polycopie de cours
Master 1
Spécialité : Biologie de la conservation

**Techniques de mesure pour la végétation
terrestre**

Par
Dr HENINE-MAOUCHE Anissa

Année 2020-2021

Sommaire

Avant-propos	1
Chapitre I – Objectifs de l'étude de la végétation	
I-Méthodes d'études de la végétation.....	2
I-1- Description générale des phytocénoses	2
I-1-1-La Structure verticale	2
I-1-2-La structure horizontale	2
II- Analyse de la végétation	3
II-1- La composition floristique	3
II-2- Réalisation d'un relevé	3
III- Composition d'un relevé.....	4
IV - Etape synthétique des relevés	6
Chapitre II - Couverture végétale	
II-1- Les points-quadrats	7
II-1-1-Les méthodes de points-quadrats dans les pâturages ouverts.....	8
II-1-1-1- La canne pointue	8
II-1-1-2- La roue à pointes	9
II-1-1-3- Le peigne mobile.....	10
II-2- Les méthodes de points-quadrats dans les formations herbacées denses	10
II-2-1 - Points-quadrats verticaux	10
II-2-1-1-Le système de Levy.....	11
II-2-1-2- L'appareil de Deschênes	12
II-2-1-3-Le bâti de Poissonet-Ogereau.....	12
II-3- Application aux végétations élevées	13
II-3-1- Le double-mètre et la baïonnette	14
II-4- Caractérisation des végétations herbacées très hautes	15
III-4-1- Cas des formations ligneuses basses et très denses	16
II-5- pointeur laser.....	16
Chapitre III- Line intercept	
III-1- Définition.....	17
III-2- Principe de la méthode.....	17
III-3- Estimation de la couverture végétale.....	18

Chapitre IV- La surface terrière

IV- Définition	22
IV-1-Chaine relascopique.....	22
IV-2- Le diamètre à hauteur de poitrine (dhp)	24
IV-3- La surface terrière en pratique	25

Chapitre V- Mesure des arbres

V-1- Grosseur des arbres	27
V-1-1- Mesure du diamètre	27
V-1-1-1-Le compas forestier (mesure sur arbre abattu ou sur pied)	27
V-1-1-2-Le pentaprisme de Wheeler.....	28
V-1-2- Mesure de la circonférence.....	29
V-1-3- La surface terrière (Voir chapitre précédant)	29
V-2- La hauteur des arbres	29
V-2-1- Les procédés simples	29
V-2-1-1- La croix du bucheron	30
V-2-1-2- La méthode de l'ombre de l'arbre	30
V-2-1-3- La méthode de "point de chute"	31
V-2-2- Le dendromètre.....	33
V-2-2-1- Le dendromètre à faire soi même	32
V-3- Forme et âge d'un arbre, épaisseur de l'écorce.....	32
V-3-1- Age d'un arbre	32
V-4- Épaisseur de l'écorce.....	34
V-4-1- Expressions de l'importance de l'écorce.....	34
V-4-2- mesure de l'épaisseur d'écorce et détermination du taux d'écorce.....	34
V-4-2-1-Mesureur d'écorce	34
V-4-2-2- Le marteau sondeur	35

Chapitre VI - La fréquence

VI-1- Définition.....	36
VI-2-Fréquence spécifique centésimale (FSC) et recouvrement spécifique	36
VI-3- Utilisations des données de fréquence.....	36
VI-4- Avantages	36
VI-5- Inconvénients.....	37
VI-6- Taille de la parcelle	37
VI-7- Forme de la parcelle en surface contiguë	38

VI-7-1- Grille de carrés contigus	38
VI-7-2- Parcelles imbriquées	38
Chapitre VII- La densité	
VII- Définition.....	39
VII-2- La taille de la parcelle	39
VII-3- La forme de la parcelle.....	39
VII-4- Interprétation	40
Chapitre VIII- Phytomasse	
VIII-1- Définition et concepts	41
VIII-2- Protocoles de mesure	41
VIII-2-1- Méthode destructive	41
VIII-2-2- Méthodes mixtes ou indirectes dites ‘peu’ ou “non destructives”	42
VIII-2-1-1- Méthode par entraînement d’observateurs	42
VIII-2-1-2-Méthode de l’arbre moyen	43
Chapitre IX- Suivi et monitoring	
IX-1- Définition.....	45
IX-2-Comment déterminer la taille de parcelle à surveiller ??	46
IX-3- protocoles de suivi de la biodiversité de la strate du couvert forestier.....	46
IX-3-1- Objectif de ce protocole	46
IX-3-2- Dimensions des parcelles	47
IX-3-2-1- Parcelles de 1 ha	47
IX-3-2-2- Quadrats autonomes de 20 m × 20 m	47
IX-4- protocoles de suivi de la biodiversité de la strate des arbrisseaux et petits arbres	48
IX-4-1- Objectif de ce protocole	48
IX-4-2- Dimension des parcelles.....	49
IX-5- protocoles de suivi de la biodiversité de la couverture vivante.....	49
IX-5-1- Objectif du protocole	49
IX-5-2- Dimensions des parcelles	50
Références bibliographiques	51

AVANT-PROPOS

La végétation couvre les deux tiers de la surface des continents avec 24% de forêts, 15% de prairies et de toundra (paysage végétal caractéristique des régions de climat polaire, Patagonie ou les plaines côtières d'Alaska), 15% de savanes (formation végétale propre aux régions chaudes à longue saison sèche et dominée par les plantes herbacées) et 11% de cultures.

Ces biomasses sont essentiels au bien-être de l'humanité ; ils fournissent les bases de la vie sur Terre à travers leurs fonctions écologiques, en régulant le climat et les ressources en eau, en servant d'habitats à la biodiversité animale et végétale ainsi qu'en fournissant des denrées essentielles à l'Homme. Il est primordial de les préserver. Une gestion efficace de l'environnement et des ressources agricoles nécessite une collecte d'informations fiables et précises sur l'état des forêts et des cultures, mais aussi, une surveillance permanente de leur évolution. Le suivi de l'état physiologique des couverts végétaux à l'échelle locale, régionale ou globale a pu progresser grâce à l'utilisation de certaines techniques de mesure pour la végétation et depuis peu de la télédétection et la radiométrie. Les principales formes de vie sont représentées par des termes Telles que «arbre», «arbuste», «herbe». Ces formes de vie fournissent souvent une base pour décrire les principales communautés végétales terrestres qu'on appelle aussi peuplement. Des plantes ou des espèces végétales peut être décrite ou mesurées par un certain nombre d'indices comme la biomasse, la fréquence, la couverture ou la densité. Mais cela n'est pas suffisant. Certaines formes de vie ou dans notre cas les espèces végétales sont mieux décrites avec certaines unités de mesures que d'autres car ça permet une description plus efficace de la végétation.

Les relevés de la végétation doivent toujours être effectués pendant la période optimale de la végétation (généralement au printemps). Ce cours va permettre une description plus détaillée de la flore par l'utilisation de plusieurs techniques de mesure pour la végétation terrestre.

Le cours est scindé en 09 chapitres qui vont permettre aux étudiants d'acquérir des compétences en matière de mesure de la végétation terrestre.

CHAPITRE I

OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE LA

VÉGÉTATION

Chapitre I- Objectif de l'étude de la végétation

Prendre connaissance des méthodes d'études de la végétation (études phytosociologique et étude phytodynamique).

- **Etude phytosociologique** : déterminer les conditions écologiques des associations végétales définies dans un premier temps par une analyse floristique.
- **Etudes phytodynamique** : l'étude des séries de végétation. Elle permet de se rendre compte de l'évolution de la végétation.

Ces études permettent :

- De fournir de précieuses indications sur le biotope
- De mieux connaître et de comprendre les relations qui lient la biocénose aux facteurs du milieu.

I- Méthodes d'études de la végétation

La fixation des végétaux facilite leur dénombrement ce qui permet leur analyse et leur classification.

I-1- Description générale des phytocénoses

Pour d'écrire une communauté végétale on a recourt à la méthode physiognomique qui consiste à décrire la **structure verticale** (stratification) et la **structure horizontale** (recouvrement) et on aboutit ainsi à la définition d'unités de végétation, appelées formations végétales sur la base de la prédominance d'un ou de plusieurs types biologiques (par exemple la steppe, la forêt... etc.).

I-1-1-La Structure verticale

L'association végétale est stratifiée, c'est -à-dire composée de végétaux de différentes tailles parmi lesquels on peut reconnaître plusieurs niveaux ou strates : ainsi dans une forêt on peut distinguer :

- Strate I : Mousses, lichens, et champignons
- Strate II : Plantes herbacées ;
- Strate III : Arbustives ;
- Strate IV : Arborescente.

I-1-2-La structure horizontale

Les végétaux ne sont pas distribués d'une manière identique ; certains sont beaucoup plus abondants et d'autres relativement rares. Des échelles chiffrées conventionnelles permettent de décrire cette distribution c'est l'échelle de d'abondance dominance de BRAUN-BLANQUET.

II- Analyse de la végétation

Représente la première démarche à réaliser c'est l'étude quantitative et qualitative de la composition floristique d'une communauté végétale.

II-1- La composition floristique : Comment procède t'on ? Sur le terrain, on fait l'inventaire floristique de la phytocénose qui se fait par la méthode des relevés.

II-2- 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 ;

Remarque : Un relevé ne sera considéré comme représentatif de l'habitat étudié que s'il est effectué sur une surface au moins égale à l'aire minimale, ou autrement dit une surface «suffisamment» grande pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes sur le site d'étude. En effet, une surface trop petite rendrait le relevé fragmentaire et non représentatif, puisqu'il ne contiendrait qu'une partie limitée du cortège floristique habituel de la communauté considérée. A contrario, une surface trop grande rendrait le relevé hétérogène, avec le risque de contenir une proportion trop importante d'espèces de l'habitat adjacents.

- 2) *Uniformité de l'habitat*, le relevé ne débordera pas sur deux habitats différents ;
- 3) *Homogénéité de la végétation* : la végétation doit être homogène (se baser sur l'aspect physiologique).

-Aire minimale :

La recherche de l'aire minimale répond à la première condition c'est -à-dire la dimension adéquate.

- La notion d'aire minimale est conçue comme l'aire sur laquelle la quasi-totalité des espèces de la communauté végétale est représentée. Le test consiste à relever les espèces présentes dans une surface de 1m² puis noter celles qui apparaissent à chaque fois que l'on double cette surface (Fig.1).
- La courbe d'accumulation du nombre d'espèces finit par augmenter puis marquer un palier : *C'est l'aire minimale* : L'augmentation de la surface n'est plus accompagnée par un gain d'espèces. Une surface est floristiquement homogène quand elle est égale à l'aire minimale (Fig.1).

Exemple :

- Les groupements de prairies et de pelouses : 20 à 50 m²

- Les groupements de matorral (c'est un espace, situé sous un climat méditerranéen, où poussent des végétaux, comme des arbres peu développés et espacés) : 50-100 m².
- Les groupements forestiers : 100-400 m²

En portant le nombre cumulé d'espèces (S) en fonction de l'aire (A) en m², on obtient le graphique de la figure 1.

Classiquement, cette aire minimale est définie à l'aide de la courbe aire-espèces, ou courbe d'accroissement du nombre d'espèces en fonction de la surface, bien que cette technique soit en fait très rarement utilisée.

Elle s'évalue comme la surface de l'aire-échantillon au-delà de laquelle le nombre de taxons inventoriés n'augmente plus que d'une manière négligeable.

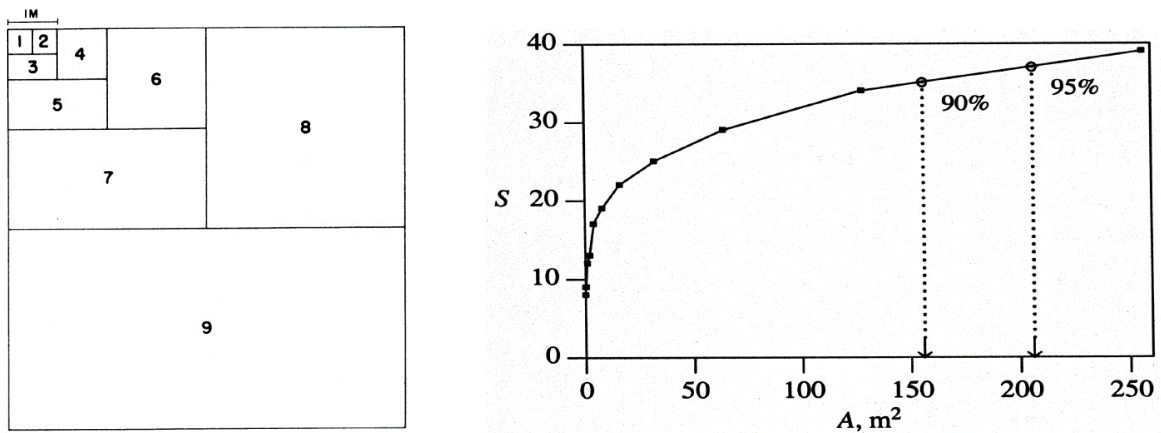


Fig.1- Courbe d'accroissement aire-espèces

III- Composition d'un relevé

Le relevé comporte trois catégories d'informations :

➤ **Caractères géographiques :**

- Le numéro de la station
- Le numéro du relevé
- La date
- Les coordonnées géographiques (éventuellement avec GPS)
- Altitude
- Pente
- Exposition

➤ **Caractères environnementales :**

- Lithologie (nature de la roche),
- Sol
- Ph

- Influence de l'homme, etc...

➤ **Liste floristique :**

- Liste des espèces végétales, éventuellement en fonction de la stratification des individus (herbacée, arbustive, arborescente), avec des indications quantitatives d'abondance et de recouvrement de la surface du sol par la végétation.

Les Coefficients

Chaque espèce dans le relevé est généralement accompagnée de deux coefficients :

a- Abondance Dominance (Fig.2)

- **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 ou le volume qu'occupent les individus de chaque espèce.

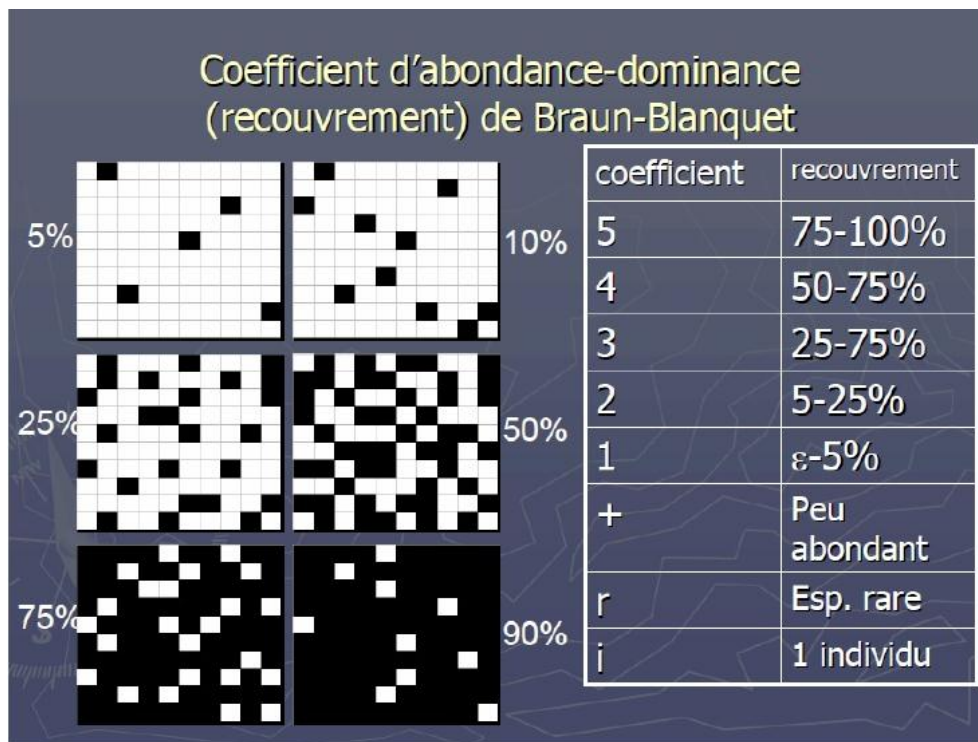


Fig.2- Coefficient d'abondance-dominance de Braun blanquet

b- **La sociabilité** : elle apprécie la façon dont sont disposés les uns par rapport aux autres les individus (ou les pousses) d'une même espèce à l'intérieur d'une population donnée.

➤ **Echelle de sociabilité :**

- 1 : individus isolés
- 2 : individus en touffes.
- 3 : individus en groupes

- 4 : individus en colonies
- 5 : individus en peuplement.

c- Le degré de développement

pl ou pt = plantule

juv = exemplaires juvéniles

fl = plante fleurie

fr = plante portant des fruits

IV - Etape synthétique des relevés

Une fois que les relevés sont effectués, on les compare puis on les classe en groupes en fonction de leurs ressemblances ou de leurs différences puis on effectue des traitements statistiques afin de dégager des groupements végétaux caractérisés chacun par leur cortège d'espèces.

CHAPITRE II

COUVERTURE VÉGÉTALE

Chapitre II - Couverture végétale

La couverture de la végétation est le pourcentage de surface du sol recouvert de végétation.

Le recouvrement d'une espèce est défini théoriquement comme le pourcentage de la surface du sol qui serait recouvert si on projetait verticalement sur le sol les organes aériens des individus de l'espèce.

Pour être pleinement rentables, les observations doivent être faites au moment de l'**optimum floristique**, c'est-à-dire quand la végétation est en plein développement et la plus facile à observer.

Un **quadrat** est une petite surface nettement délimitée utilisée pour l'échantillonnage de la végétation. La délimitation est toujours matérialisée par un cadre rigide qui peut être posé directement sur la végétation ou maintenu au-dessus par des pieds qui permettent de régler l'horizontalité de l'appareil. Il peut s'agir d'un simple cadre à l'intérieur duquel l'observateur recherche les espèces dont il dresse la liste.

Celle-ci obtenue, le cadre est déplacé et une autre liste est dressée, ainsi de suite jusqu'à l'obtention de 25, 50 ou 100 listes suivant les auteurs. Ce cadre fait généralement 1 m de côté.

Parfois des fils sont tendus à l'intérieur du cadre ; ils servent à en subdiviser la surface en sous-unités ou à effectuer des visées pour une mesure des recouvrements.

Pour construire ce cadre, il faut 4 tubes de PVC de 1 mètre et de 9 mm de diamètre, ainsi que 4 coudes à 90. Le quadrat ainsi construit est portable, démontable et très léger ; il flotte même rempli d'eau et peut donc servir à l'analyse de végétations marécageuses et des bords d'étang.

Différentes méthodes sont utilisées pour la détermination du couvert végétal, communément appelés points d'interception :

1. Les points quadrats
2. Les points quadrats obliques
3. Le double mètre et la baïonnette

II-1- Les points-quadrats

Cette partie va aborder un type d'unités particulier : les points. La surface de l'unité est maintenant réduite à zéro. On parle de la méthode des points-quadrats ; ici, il est clair que quadrat prend tout son sens typographique, en effet, dans les points-quadrats, deux caractéristiques sont communes à toutes les techniques proposées :

- Les unités d'échantillonnage sont réduites à des points ;
- Ces points sont régulièrement espacés le long de lignes.

Nous utiliserons la façon dont les points sont disposés comme critère de classification en distinguant :

- Des méthodes destinées aux pâturages ouverts ou très ouverts des climats arides,
- Des méthodes destinées aux herbages fermés (formations herbacées denses) des climats humides.

II-1-1-Les méthodes de points-quadrats dans les pâturages ouverts

Un caractère commun de ces méthodes est la multiplication des points pour qu'il y en ait un nombre suffisant en végétation, la plupart d'entre eux, ou du moins une grande partie, tombant sur sol nu. Il en résulte que l'observateur doit effectuer des déplacements relativement importants dans la station pour effectuer ses mesures, et les matériels et techniques proposés en tiennent compte.

II-1-1-1- La canne pointue

L'observateur fait une marque à la pointe d'un de ses souliers et dispose d'une canne pointue ou d'une longue tige acérée. Tous les deux à trois pas, il pique sa canne dans le sol en suivant la marque de son soulier (Fig.3)

Après avoir piqué la canne, l'observateur note ce qui se trouve au sol à cet endroit, ainsi que, le cas échéant, ce qui se trouve au-dessus. Il est commode d'avoir fixé son formulaire d'observation à une planchette appuyée à la ceinture et munie d'une sangle passant derrière le cou. La canne doit être vue comme un objet muni d'une pointe de 10 cm environ, fine et acérée (comme un rayon de bicyclette apointé). L'instrument qui sert aux "techniciens de surface" pour ramasser les papiers abandonnés dans les squares correspond assez bien au matériel recherché.



Fig.3 - La canne pointue (d'après une photo d'Evans, 1957)

II-1-1-2- La roue à pointes

La roue à pointes est un appareil qui a été imaginé en Afrique du sud au cours des années 50 et pour l'étude du Veld ; c'est peut-être la technique la plus utilisée dans ce pays et en Australie pour la mesure du recouvrement des espèces des pâturages arides.

Pour faire des mesures avec ce matériel, il faut trois opérateurs, le premier, aux poignées de la machine, en assure la progression et l'arrête lorsqu'une de ses pointes touche le sol (Fig.4)

Les deux autres opérateurs se consacrent chacun à une roue et notent si la pointe au contact touche du sol nu, ou une espèce, qu'il faut alors déterminer ; il note aussi la ou les espèces qui se trouvent à la verticale du contact.

Pour certains observateurs, un contact est noté aussi si la roue touche un organe végétal aérien avant contact avec le sol, pour d'autres non.

L'expérience des utilisateurs montre que c'est au moment du transfert des notes de terrain sur l'ordinateur que la plupart des erreurs se produisent. La roue à pointes a fait l'objet de modernisations, c'est ainsi que la machine a été réduite à une seule roue munie d'un harnais pour que l'opérateur puisse la pousser devant lui en marchant et en gardant les mains libres. Un ordinateur portable est fixé à une planchette munie d'une sangle passant derrière le cou ; plus l'ordinateur est léger et plus il est commode. Les enregistrements sont faits en abrégé en codant le nom de l'espèce concernée et un code de hauteur (voir premier chapitre).

Toutes les observations d'un même point sont enregistrées d'un seul tenant, comme un mot unique :

TRPU2EUTE0

signifie qu'au point correspondant se trouvent à la fois *Tripodia pungens* dans la classe de hauteur 2 et *Eucalyptus terminalis* dans la classe 0. NN : signifie sol nu et rien au-dessus.

Tous les 100 points les enregistrements effectués sont sauvegardés et on observe jusqu'à 1 000 points dans un transect. Comme toutes les observations sont enregistrées et qu'en raison de la construction même du matériel employé, les points sont équidistants, il est possible de faire des études de structure de la végétation et de reconstituer le profil vertical de la station. Ceci dans le cas où seuls les contacts au sol sont retenus.

Des programmes ont été mis au point pour une interprétation directe des enregistrements. La méthode de la roue à pointes est commode, simple et précise, non destructive, elle permet les répétitions, soit immédiates dans la station, soit échelonnées dans le temps, à des fins de comparaison. Ce procédé a donc beaucoup de succès dans les régions où il est pratiqué.

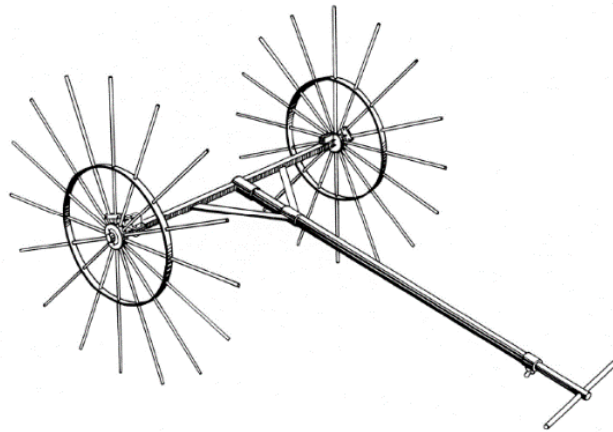


Fig.4 - La roue à pointe (redessiné d'après van Broembsen, 1965)

II-1-1-3- Le peigne mobile

Le peigne mobile, représenté sur la figure 5, est une formule extrême de la roue à pointes permettant à l'observateur de travailler seul.

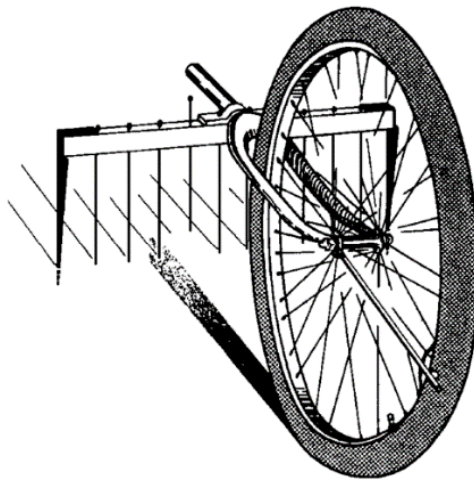


Fig. 5- Le peigne mobile (d'après une photo de Nerney, 1960)

II-2- Les méthodes de points-quadrats dans les formations herbacées denses

Ces méthodes sont utilisées pour la végétation dont la hauteur moyenne est inférieure à 25 cm. C'est en Nouvelle- Zélande que la méthode des points-quadrats ait été imaginée par Levy en 1926.

II-2-1 - Points-quadrats verticaux

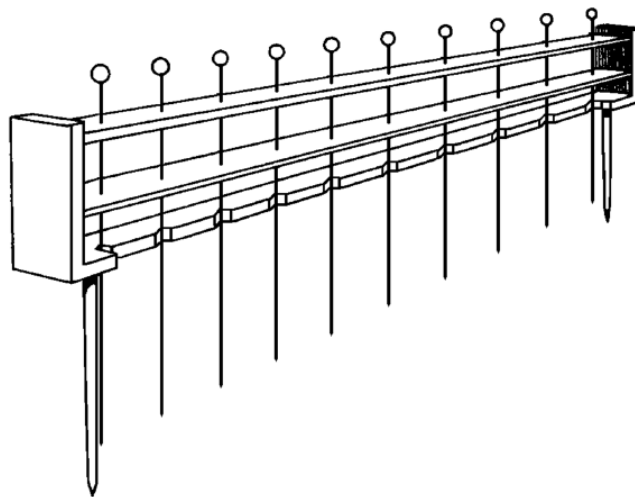
C'est la technique originelle de Levy, mais elle a beaucoup évoluée depuis l'appareil de Levy jusqu'au bâti de Poissonet-Ogereau. Voyons quelques-uns des systèmes qui ont été diffusés.

II-2-1-1-Le système de Levy

Comme il vient d'être dit, il s'agit là du premier système d'étude de points quadrats imaginé et utilisé en Nouvelle-Zélande dès 1926. Il est constitué d'un bâti muni de 10 aiguilles espacées de 5 cm et de 2 pieds pointus pour la mise en place (Fig.6).

Les aiguilles sont successivement descendues dans la végétation et les espèces qu'elles touchent au moins une fois notées à mesure. Plusieurs séries de points sont nécessaires pour caractériser une station ; les auteurs recommandent 75 séries pour caractériser les espèces dominantes et entre 40 à 50 pour l'ensemble des espèces du tapis végétal.

Actuellement, il est apparu, comme cela sera souligné plus loin, que 100 points de végétation suffisent. Il semble, à la lecture de leurs textes, que les auteurs aient fait leurs observations en notant les espèces successivement en contact avec la pointe de l'aiguille dans son mouvement vertical ; toutefois, beaucoup ont lu qu'il convenait de descendre d'abord l'aiguille dans la végétation jusqu'au sol puis de regarder les espèces en contact avec la surface de l'aiguille.



**Fig.6 - Le système de points-quadrats de Levy
(d'après une photo de Levy & Madden, 1933)**

De nombreuses adaptations et modifications ont été proposées au système de Levy 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.

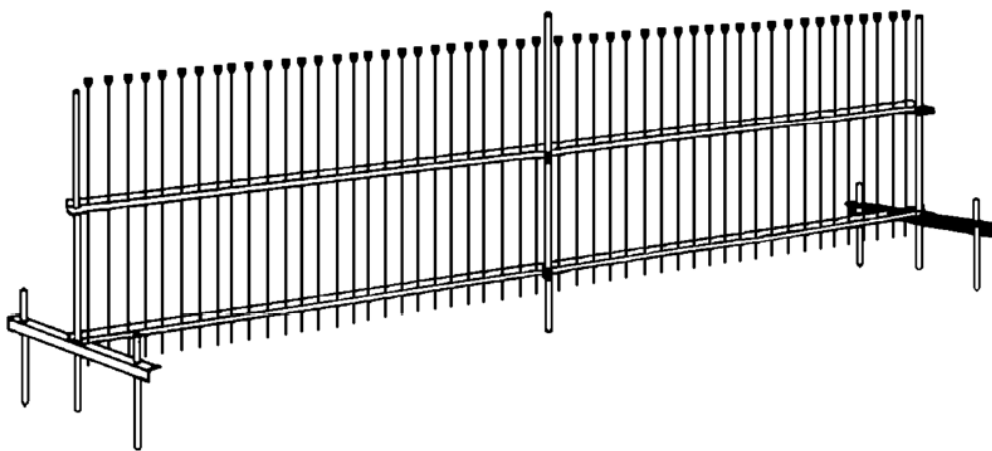
Le coulissage des aiguilles dans leur conduit est donc freiné par des forces de frottement assurées par le passage dans un tampon de feutre (comme la bourre des cartouches de chasse) ou dans une pièce de cuir. Ces frottements permettent de maintenir l'aiguille à mi-course quand

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.

II-2-1-2- L'appareil de Deschênes

L'appareil de Deschênes, au Canada, est un bâti de 2 m de long (Fig. 7) articulé en son centre, muni de pieds coulissants et de 50 aiguilles elles-mêmes coulissantes. Plus précis que le système de Levy, il est également plus lourd, et son caractère pliant lui permet d'être logé dans le coffre d'une voiture, mais ne le rend pas réellement portable.

Ce n'est pas un inconvénient majeur au Québec, qui est un pays relativement plat, mais constitue un obstacle rédhibitoire à son utilisation en pays montagneux.



**Fig.7 - L'appareil de Deschênes pour l'observation de points-quadrats :
position de travail**

II-2-1-3-Le bâti de Poissonet-Ogereau

Une aiguille très fine (diamètre voisin de 0.5 mm, longueur voisine de 15 cm) et pointue est introduite dans une gaine qui rappelle une aiguille de seringue hypodermique (diamètre voisin de 1 mm, longueur voisine de 10 cm) ; l'ensemble est construit de telle manière que l'aiguille, qui se tord facilement, puisse être changée aisément et rapidement.

Ce support d'aiguille est monté dans une tige qui est mobile verticalement dans un chariot qui se déplace le long d'une poutrelle de duralumin munie de deux bandes de surface rugueuses (rubans de toile émeri) (Fig.8). Le chariot est muni d'une grosse molette qui fait tourner un cylindre garni de caoutchouc appliqué sur les bandes rugueuses. Les positions du chariot sont préétablies par un plot sphérique – Le même appareil partiellement replié qui glisse à la surface supérieure de la poutre et s'immobilise dans des logettes usinées à la surface.

Les deux extrémités de la poutrelle sont munies de noix dans lesquelles passent deux pieds métalliques munis de pointes. Pour la mise en place, le bâti est positionné approximativement

puis les pointes des pieds sont enfoncées dans le sol, ce qui se fait aisément. Puis l'horizontalité de la poutrelle est réglée avec un niveau à bulle.

Pour faire les observations, en chaque point l'aiguille est descendue lentement dans la végétation ; dès que la pointe touche la partie aérienne d'une plante, on enregistre le nom de l'espèce correspondante.

Cet appareil permet des observations d'une grande précision, mais il est lourd et encombrant, délicat à construire et sa manipulation minutieuse nécessite beaucoup d'attention. Il constitue un matériel de référence plus qu'un procédé de travail courant.

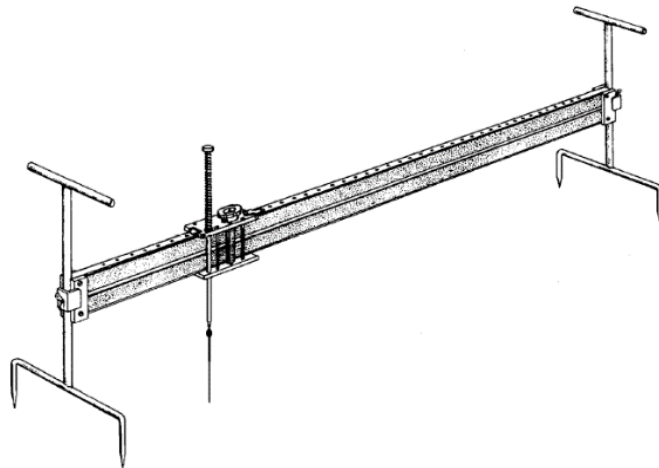


Fig.8 - Le bâti de Poissonet-Ogereau pour l'observation de points-quadrats
(extrait de Poissonet *et al.*, 1969)

II-3- Application aux végétations élevées

Lorsque la hauteur moyenne du tapis végétal dépasse 25 cm, tout en restant inférieure à 1 m, les méthodes qui viennent d'être décrites deviennent inapplicables. On utilise alors une adaptation des points-quadrats négligeant certaines incertitudes. Elle nécessite un double décimètre en ruban, de préférence métallique ; deux tiges de fer, genre fer à béton, appointées à l'une de leurs extrémités ; deux noix sont rattachées à ces fers et pincent le décimètre. Une masse et une aiguille constituée d'éléments de 50 cm emboîtables au moyen d'un pas de vis (Fig.9). Les tiges de fer sont enfoncées dans le sol avec la masse aussi verticalement que possible, et le décimètre mis en position horizontale à l'aide des noix. L'aiguille est fichée dans le sol verticalement en face des graduations multiples de 0,0 m et toutes les espèces en contact avec la tige sont notées.

Une analyse de la structure verticale sera aidée en renouvelant les enregistrements par strate. Elles seront matérialisées en peignant l'aiguille alternativement en blanc et en rouge.

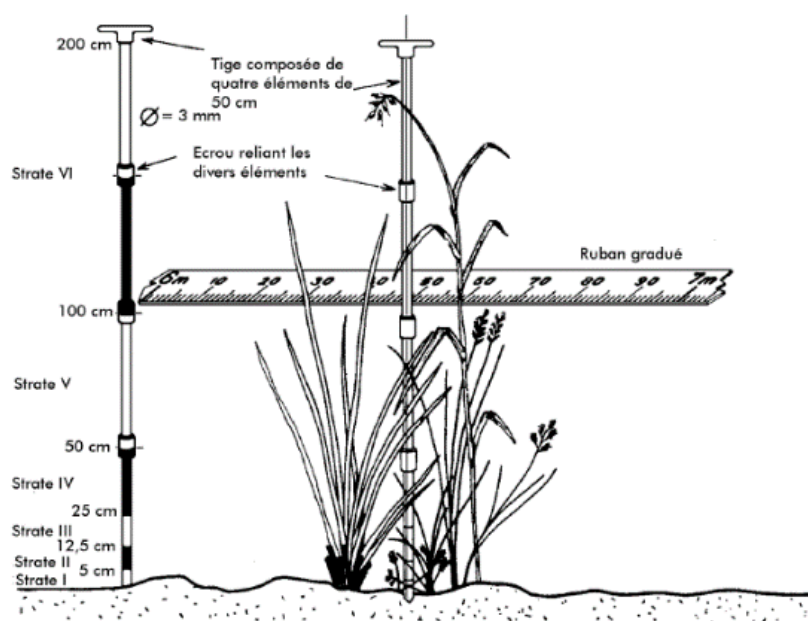


Fig.9 - Vue détaillée de la constitution de l'aiguille et de sa mise en place dans des végétations très hautes

Les strates usuelles sont les suivantes :

Strate I	de	0 à 5 cm
Strate II	de	5 à 12,5 cm
Strate III	de	12,5 à 25 cm
Strate IV	de	25 à 50 cm
Strate V	de	50 à 100 cm
Strate VI	de	1 à 2 m
Strate VII	de	2 à 4 m

II-3-1- Le double-mètre et la baïonnette

La mise en place est effectuée de la manière suivante : le double-mètre, complètement déployé, est glissé à la surface du sol, à travers la végétation, la tranche graduée étant perpendiculaire à cette surface ; lorsqu'il est complètement engagé dans l'herbe, il est rabattu en position parallèle à la surface du sol, afin que les graduations en soient aussi rapprochées que possible (Fig.10). Les lectures sont faites sur le bord gradué, tous les quatre centimètres, c'est-à-dire à 0, 4, 8, 12, 16 cm etc. jusqu'à 200.

L'observateur vise perpendiculairement à la surface du sol la graduation retenue et annonce toutes les espèces qui sont à la verticale de ce point et coupe sa ligne de visée. Il doit s'efforcer de la garder afin que ses observations puissent être assimilées à des points. La pointe du couteau

peut l'aider à la suivre dans le tapis végétal. Par convention, les espèces ne sont habituellement annoncées qu'une seule fois par point, c'est-à-dire par ligne de visée, même si elle s'y trouve plusieurs fois, par exemple en position haute (couronne) et basse (souche). Un deuxième observateur note les observations directement sur un formulaire préparé à cet effet.



Fig.10 - Le double-mètre, en place dans la végétation et le mode de visée (extrait de Daget & Poissonet, 1971)

Le double-mètre combine les avantages des points-quadrats classiques et des méthodes linéaires d'échantillonnage de la végétation. Il faut noter que les points de Levy sont espacés de 2.5 cm, ceux de Kershaw de 1 cm alors que ceux-là, le sont de 4 cm. L'expérience a montré que, dans les formations herbacées denses, il faut écarter les strates supérieures de la végétation, après avoir reconnu les espèces qui la constituent, pour pouvoir examiner celles des strates inférieures. Cette opération doit être faite délicatement de la main ou de la pointe du couteau, mais il n'est pas possible d'opérer sans déplacer la végétation de 1 à 2 cm autour du point analysé.

C'est pourquoi il fallait une distance entre points d'au moins 3 cm ; pour faciliter les calculs ultérieurs, les lectures sont faites tous les 4 cm ce qui en donne 50 pour un double mètre. Aussi faut-t-il lire 2 double-mètres dans chaque station pour avoir 100 lectures.

II-4- Caractérisation des végétations herbacées très hautes

Lorsque le tapis végétal dépasse le mètre, et surtout les 2 mètres, les végétations sont dites hautes ou très hautes, ce qui est fréquent en savanes, mais se rencontre aussi dans les roselières et les peuplements *d'Arundo donax*.

Dans ces végétations, les diverses méthodes d'échantillonnage par point qui viennent d'être décrites sont pratiquement inapplicables.

III-4-1- Cas des formations ligneuses basses et très denses

Quand ces formations sont très basses, les méthodes utilisées en formations herbacées s'appliquent sans beaucoup de problèmes. Mais lorsque il est nécessaire de ménager la végétation (par exemple pour des expérimentations sur plusieurs années), on est conduit à édifier un pont au-dessus de la parcelle à étudier. L'observateur se place sur le pont et examine, avec des aiguilles, la végétation qui est en dessous de lui pendant qu'un aide enregistre les résultats qui lui sont dictés (Fig.11).

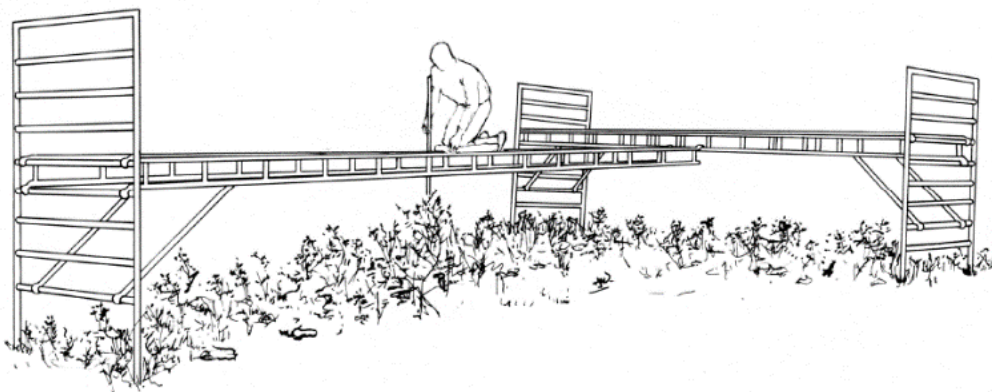


Fig.11 - Un pont au-dessus de la végétation ligneuse de *Quercus coccifera* de garrigue

II-5- pointeur laser

Un faisceau laser peut être utilisé conjointement avec un transect de ligne pour localiser des points d'échantillonnage.

Le faisceau est utilisé comme pointeur pour projeter une lumière sur la végétation ci-dessous. Certains chercheurs estiment que cette méthode est moins biaisée et donne des résultats reproductibles par rapport à l'utilisation d'une épingle.

Certains utilisateurs du laser en tant que «point d'épingle» croient à tort que la hauteur de la source du faisceau n'a pas besoin d'être précisément positionnée dans le plan vertical à chaque fois, de même que celle d'une épingle.

Les deux méthodes par points ont le même problème avec la détermination d'un impact sur la végétation au-dessous de la couche supérieure de végétation. Il pourrait ne pas être possible de laisser les autres couches de végétation intactes car on recherche des contacts supplémentaires sous la couche supérieure de végétation.

Il est possible qu'un observateur puisse retirer chaque partie contactée, en écartant uniquement la feuille ou la tige contactée en premier par le faisceau lumineux.

CHAPITRE III
LINE INTERCEPT

Chapitre III- Line intercept

III-1- Définition

La méthode d'interception de la ligne a été développée par Canfield dans les années 1940 pour estimer la couverture dans les prairies du sud-ouest des États-Unis et a été largement adoptée dans les applications d'inventaire et de surveillance des parcours.

La méthode d'interception de ligne est facile à apprendre, simple à utiliser et fournit une estimation précise de la couverture. En fait, l'échantillonnage à la ligne est souvent utilisé comme comparaison standard pour tester d'autres méthodes de détermination de la couverture.

III-2- Principe de la méthode

La méthode consiste à tendre une cordelette, à une hauteur fixe, le long d'une ligne et à noter les contacts de cette cordelette avec les différents éléments présents dans le milieu (Fig.12)

Son principal inconvénient est que l'échantillonnage peut prendre du temps, en particulier dans une végétation dense ou lorsque les distances d'interception sont difficiles à définir en raison de nombreuses lacunes ou de bords irréguliers à l'intérieur de la canopée. Par conséquent, la technique d'interception de ligne convient le mieux à la végétation caractérisée par des plantes discrètes, telles que les graminées ou les arbustes compacts.

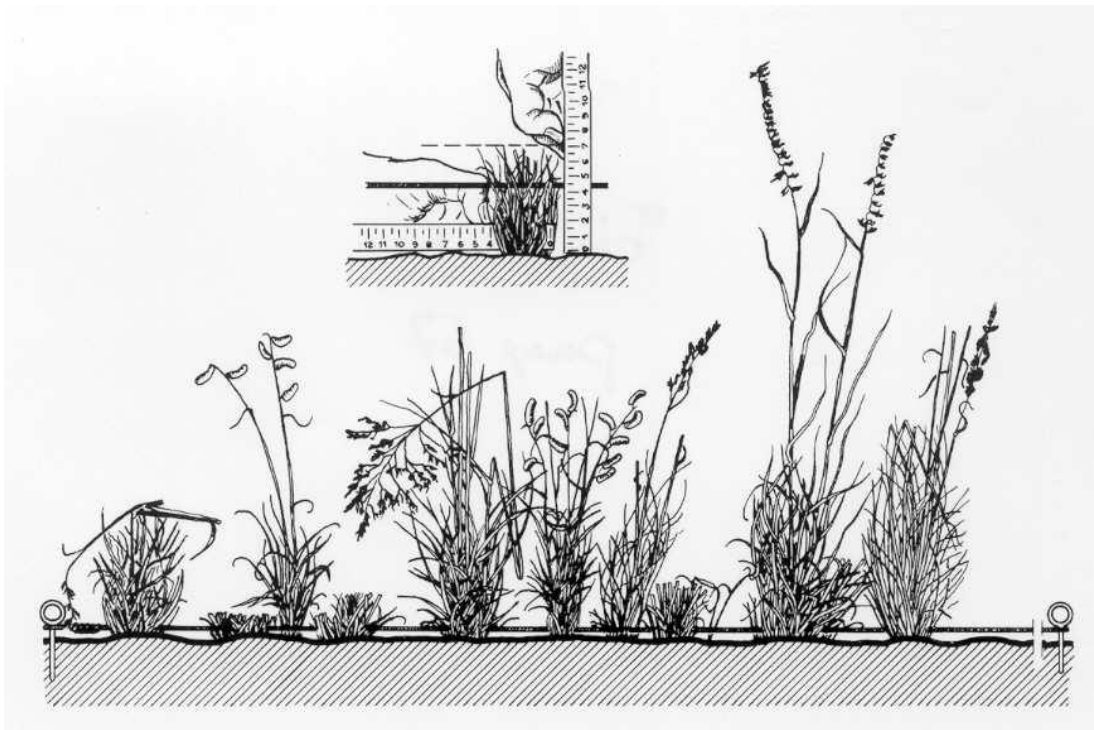


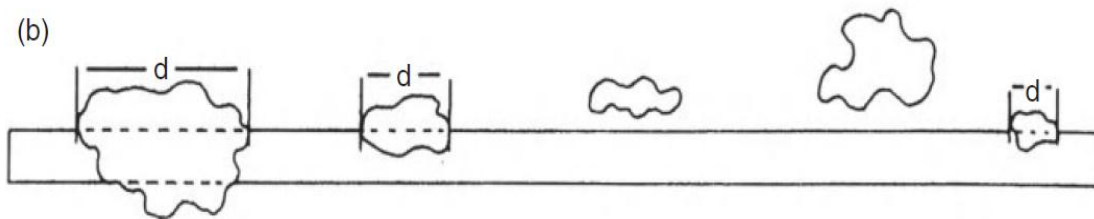
Fig.12- Méthode de Line Intercept

III-3- Estimation de la couverture végétale

La longueur de la ligne et la longueur totale interceptée par la végétation sont utilisées pour estimer la couverture en pourcentage. L'estimation de la couverture végétale par la méthode Line Intercept se calcul comme suit :

$$\text{Pourcentage de couverture} = \frac{\sum \text{distance}}{\text{Longueur de la corde}} \times 100$$

$\sum d$ = Total des distances d'interception



Note 1 : Ces recommandations représentent plus des valeurs guides qu'une loi à respecter.

Note 2 : Le nombre de lignes dépend de l'uniformité de la végétation (une trentaine de lignes convient à la plupart des types de végétation).

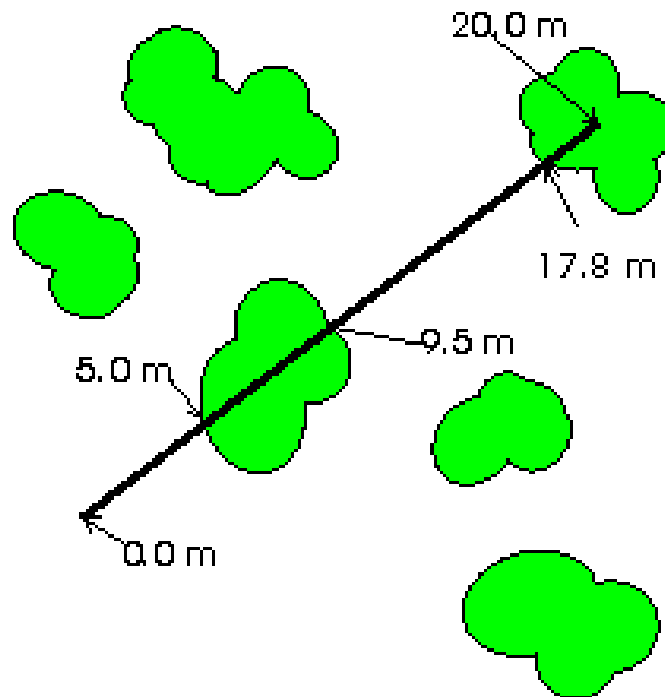
L'exactitude et la cohérence dans l'utilisation de la méthode « Line intercept » est fortement influencée par la détermination des points finaux de la ligne.

Plus la ligne est longue, plus il ya de biais dans la collecte de données car la ligne ne peut pas être étirée et maintenue à une hauteur égale au-dessus du sol.

Même lorsque des tiges de support supplémentaires sont insérées à des intervalles égaux le long de la ligne, il existe encore un affaissement important dans la ligne entre les tiges de support comme le montre la figure ci-dessous.



Il est évident que des transects de plus courte longueur devraient être utilisés pour échantillonner la couverture d'une communauté végétale.



Pour des raisons mathématiques :

- **Les graminées en touffes** sont mesurées au niveau du sol. En effet, les mesurer plus haut augmenterait considérablement la valeur du recouvrement par rapport au recouvrement réel.



Graminée en touffe

- Dans le cas des autres espèces herbacées, on mesure généralement le diamètre de la tige si celle-ci est unique, et le diamètre des feuilles basales pour les plantes en **rosette**.



Plante en rosette

- Pour les plantes ligneuses et les petits **buissons**, la mesure se fait sur **la couronne**.



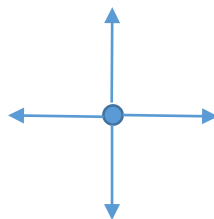
Buisson

Les végétations très ouvertes des régions arides pourront être analysées de manière très précise par une adaptation de la méthode de Canfield.

Elle consiste à repérer un point central dans la végétation à étudier ; ses coordonnées GPS sont enregistrées pour permettre des retours au même emplacement pour des suivis.

A partir de ce point, et en utilisant une boussole de visée, quatre cordes sont tendues dans la direction des quatre points cardinaux. Les uns donnent à ces cordes une longueur de 100 mètres, ce qui fait un total de 400 mètres ; d'autres prennent 50 mètres, d'où un total de 200 mètres.

Sur chaque ligne, on note la longueur recouverte ou par les pieds des plantes présentes ou par leur couronne.



Exemple de résultats obtenus avec la méthode de Canfield adaptée aux régions arides en Mauritanie avec des lignes de 50 m (extrait de Correra, 2005)

Direction Nord - Sud		Direction Est - Ouest	
Espèces	mesure (m)	Espèces	mesure (m)
<i>Panicum turgidum</i>	1,2	<i>Euphorbia balsamifera</i>	1,6
<i>Maerua crassifolia</i>	4,3	<i>Maerua crassifolia</i>	2,7
<i>Panicum turgidum</i>	1,5	<i>Euphorbia balsamifera</i>	1,61
		<i>Maerua crassifolia</i>	3,5
		<i>Panicum turgidum</i>	0,5
		<i>Panicum turgidum</i>	0,45
		<i>Panicum turgidum</i>	0,4
		<i>Panicum turgidum</i>	1

CHAPITRE IV

LA SURFACE TERRIÈRE

Chapitre IV- La surface terrière

IV- Définition

La surface terrière est une notion utilisée pour la gestion des peuplements irréguliers et pour la régénération naturelle. Derrière sa définition se dissimule, en fait, un indicateur de la concurrence entre les arbres. La surface terrière n'a pas d'intérêt en soi : elle se compare à une valeur optimale qui diffère selon la composition en essences, l'âge des divers peuplements, l'objectif de production, etc. Si la densité d'un peuplement est supérieure à cette valeur, une intervention peut s'avérer pertinente pour favoriser la libre croissance des arbres.

D'un point de vue théorique

La surface terrière "g" d'un arbre est la surface de sa section transversale à 1,30 m.

La surface terrière "G" d'un peuplement (ou d'un ensemble quelconque d'arbres) est alors la somme des surfaces terrières de tous les arbres constituant ce peuplement (ou cet ensemble).

Cette grandeur est liée au volume sur pied du peuplement.

Par exemple, pour un taillis, le produit de la surface terrière par sa hauteur donne une estimation de son volume en m³. Elle s'exprime en mètres carrés par hectare (m²/ha.)

D'un point de vue plus pratique :

On ne peut raisonnablement accéder à la surface exacte de la section d'un arbre à 1,30 m. Une estimation g_e de la surface terrière g d'un arbre peut être obtenue à partir d'une simple mesure de circonférence c à 1,30 m en utilisant la formule suivante :

$$g_e = c^2 / 4\pi$$

Remarque

Cette estimation qui se révèle toujours légèrement supérieure à la surface terrière vraie de l'arbre (<5% en général, manuel Inventaire de l'ONF). En raison de la simplicité de la mesure de circonférence, les forestiers ont donc préféré adopter une définition plus pragmatique de la surface terrière.

IV-1-Chaine relascopique

Mesurer la surface terrière d'un peuplement est extrêmement simple, à condition de disposer d'une chaînette «relascopique». Comme pour la surface terrière, derrière ce nom peu explicite se cache quelque chose de très simple : un fil inextensible de 50 cm auquel est fixée une plaquette rigide munie d'une encoche de 1 cm de large (Fig.13).



Fig.13 - Chaîne relascopique

Avec cet « outil », il suffit, pour mesurer la surface terrière, de se placer dans la parcelle (à plus de 50 m des bordures) et de faire un tour sur soi-même en comptant tous les arbres qui débordent de l'encoche (Fig.14)

- Il faut viser les troncs à 1,30 m de hauteur.
- La chaînette doit être bien tendue et positionnée contre la joue, juste sous l'oeil.
- Attention, la longueur du fil et de la plaquette doit faire exactement **50** cm de longueur et l'encoche avoir exactement **1** cm de largeur.
- La lecture de la surface terrière se fait selon la figure 15.



Fig.14 -Méthode d'utilisation de la chaîne relascopique (©Lemaire J.)

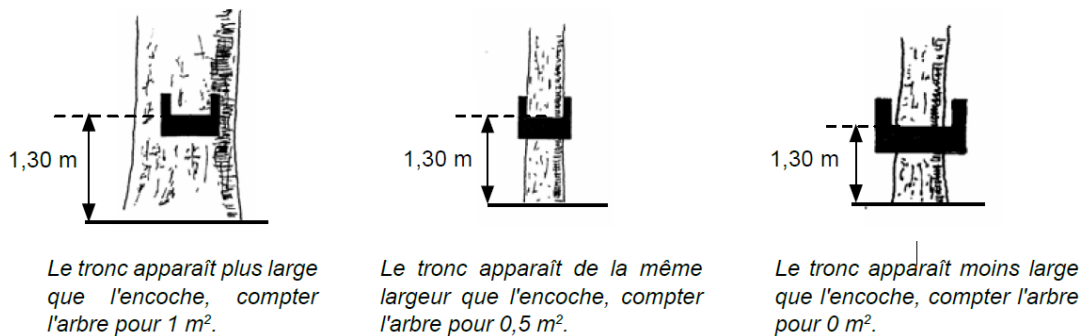


Fig.15 - Lecture de la surface terrière

IV-2- Le diamètre à hauteur de poitrine (dhp)

Dans la plupart des pays, le DHP est mesuré à 1,30 m au-dessus du niveau du sol, tandis qu'aux États-Unis, le diamètre est mesuré à 1,37 m.

Le dhp diffère selon la forme de l'arbre et l'emplacement de l'arbre. La figure 16 nous montre comment calculer le dhp selon les différentes circonstances.

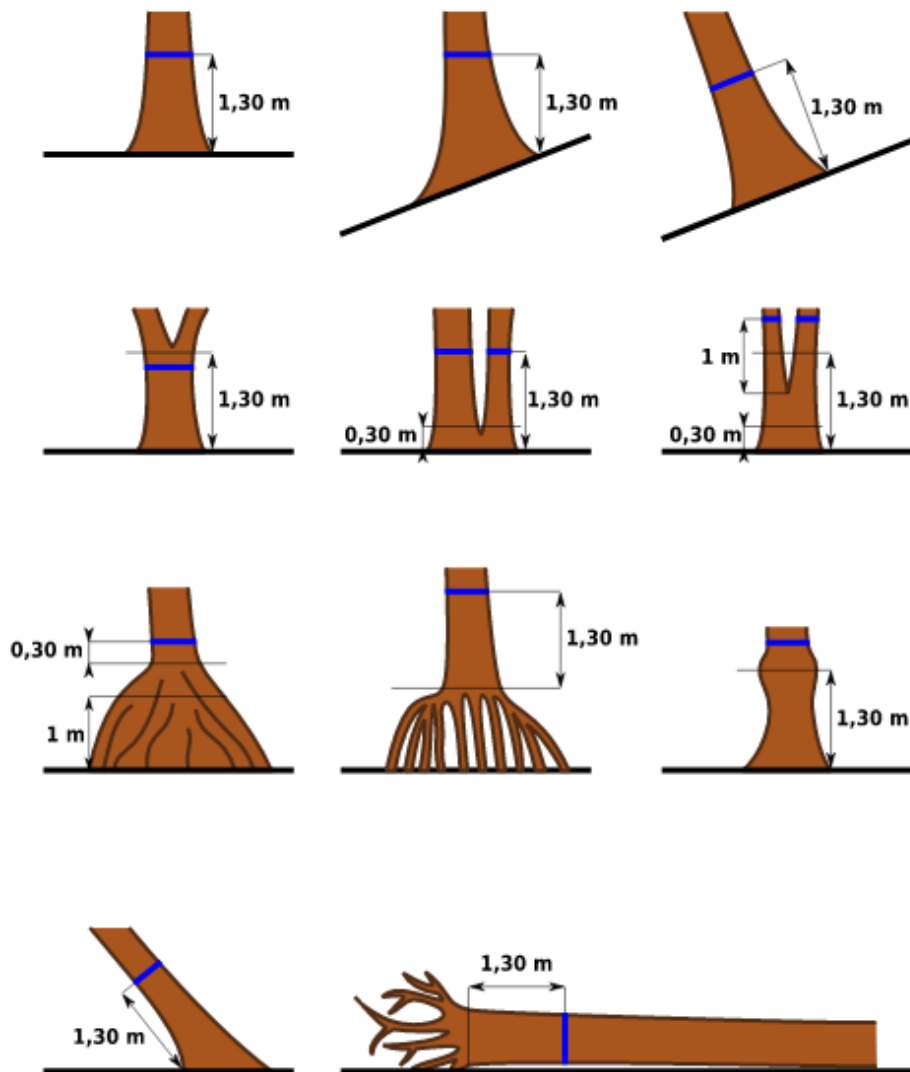


Fig.16 - Différentes formes et positions des arbres

Interprétation :

- Si le sol est en pente, la mesure est prise à partir du sol du côté supérieur (en amont) de l'arbre (à la verticale si le tronc est vertical, le long du tronc s'il a poussé perpendiculairement au sol) ;
- Si l'arbre est fourchu et que la fourche se situe en dessous d'1,30 m, chaque tige de diamètre suffisant est considérée comme un arbre et est mesurée séparément (à 1,30 m

du sol si la fourche a son origine en dessous de 30 cm et à 1 m au dessus du point d'origine de la bifurcation si la fourche a son origine entre 30 cm et 1,30 m du sol) ; si la fourche a son origine à 1,30 m ou juste au dessus, l'arbre est considéré comme unique et la mesure est effectuée juste au dessous de l'éventuel gonflement ;

- Si l'arbre s'élargit à la base du tronc ou à des contreforts dépassant 1 m de hauteur, la mesure est effectuée 30 cm au dessus de la fin du renflement ;
- Si l'arbre a des racines aériennes, la mesure est effectuée à 1,30 m du collet (limite entre tronc et racines) ;
- Si l'arbre a des irrégularités à 1,30 m (renflements, excroissances, nœuds, blessures, creux ou branches, etc.), la mesure est prise juste au dessus de l'irrégularité ;
- les arbres penchés (sur un sol horizontal) sont mesurés à 1,30 m le long du tronc, sur la face du dessous ;
- les arbres tombés sont mesurés à 1,30 m du collet.

IV-3- La surface terrière en pratique

Eclaircir les chênes selon la surface terrière (Fig.17)

Pour les chênes, dès lors que le peuplement atteint 10 à 12 m de hauteur, le niveau de surface terrière optimal est compris entre 14 et 18 m² en futaie régulière comme en futaie irrégulière.

- moins de 14 m² : le peuplement est clair et ne nécessite pas d'éclaircie,
- entre 14 et 18 m² : le peuplement est équilibré. L'éclaircie, tous les 6 à 10 ans en général, doit faire baisser la surface terrière de 3 à 5 m²,
- entre 18 et 25 m² : l'éclaircie est urgente. La concurrence est forte. Les 3 prochaines éclaircies doivent être plus fortes (6-7 m²) et plus fréquentes (tous les 5-7 ans) pour ramener la surface terrière dans la fourchette 14-18 m²,
- plus de 25 m² : le peuplement est déséquilibré. L'éclaircie est très urgente mais doit être réalisée avec beaucoup de prudence.

Echelle de concurrence

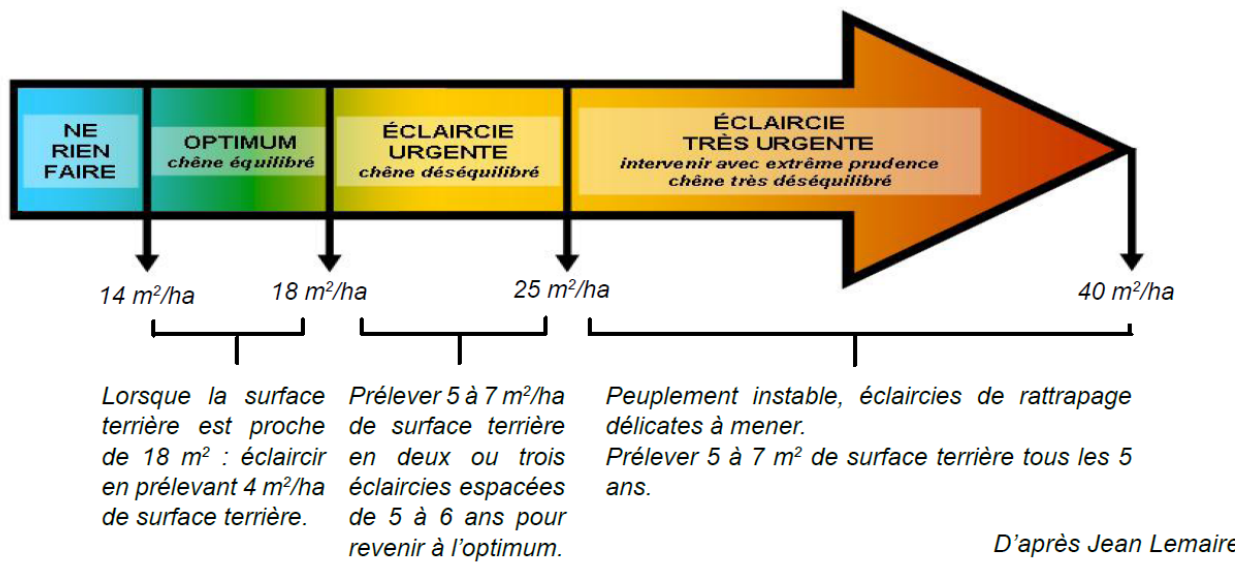


Fig.17 - Eclaircir Ses chênes selon la surface terrière

Eclaircir les autres essences

Le niveau optimal de surface terrière est moins bien connu.

Néanmoins, pour les pins, dans l'état actuel des connaissances, il est possible de prendre comme référence un optimum situé entre 20 et 25 m²/ha.

CHAPITRE V
MESURE DES ARBRES

Chapitre V- Mesure des arbres

Dans le domaine de la sylviculture, si des critères qualitatifs sont très souvent utilisés pour décrire et comparer les peuplements, il est parfois nécessaire de faire appel à des données chiffrées pour affiner la description et mieux comprendre l'évolution d'une parcelle.

La dendrométrie a pour objectif la mesure des dimensions des arbres, l'étude de leur forme et aussi l'évaluation de leur volume ; elle développe aussi des méthodes permettant l'estimation du volume des peuplements forestiers.

Enfin, elle met au point les méthodologies et moyens de calcul permettant d'estimer les accroissements en volume des arbres et peuplements.

C'est, à l'évidence, une science extrêmement importante pour le forestier qui doit aménager et gérer ses forêts et qui a besoin de connaître les volumes des arbres sur pied, mais aussi le volume des arbres abattus pour la vente des coupes.

V-1- Grosseur des arbres

La grosseur d'un arbre peut être exprimée au moyen de 3 grandeurs :

Le diamètre

La circonférence

La surface terrière

V-1-1- Mesure du diamètre

Le diamètre des arbres abattus ou sur pied peut se mesurer par différents moyens :

V-1-1-1-Le compas forestier (mesure sur arbre abattu ou sur pied)

Le compas doit être tenu perpendiculairement à l'axe de l'arbre (Fig.18), le bras fixe et la règle accolés au tronc, pour glisser ensuite le bras coulissant contre le tronc. Le bras coulissant doit glisser aisément tout en restant strictement perpendiculaire à la règle. La mesure se fait généralement au centimètre près (arrondir au centimètre le plus proche). Le compas forestier peut être manuel ou électronique.



Fig.18 - Compas forestier (©Gerhard Elsner)

Cas d'un arbre non circulaire

Ajoutons encore que le fût des arbres n'est pas toujours d'une section bien circulaire (Fig.19) : le diamètre est variable selon son orientation et l'on ne peut alors se contenter d'une seule mesure.

Il faut alors, autant que possible, mesurer le diamètre minimum et le diamètre maximum, le plus souvent perpendiculaires l'un à l'autre, puis adopter comme mesure la moyenne arithmétique des deux valeurs obtenues.

Une manière efficace de procéder consiste à mesurer un premier diamètre quelconque, puis un second diamètre perpendiculaire au premier, ce qui conduit à une valeur moyenne tout à fait valable.

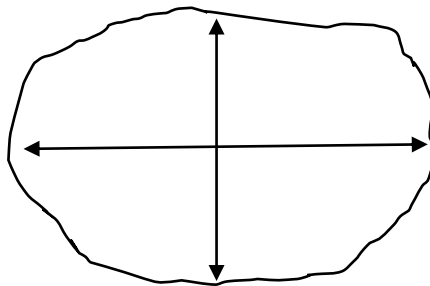


Fig.19 - Section transversale d'un arbre

Enfin, il convient également de signaler quelques précautions à prendre :

- Préférer un compas métallique à un compas en bois (pour des raisons de stabilité vis-à-vis des conditions climatiques),
- S'assurer que les bras du compas sont situés dans un même plan et sont perpendiculaires à la règle,
- Tenir l'appareil dans un plan le plus perpendiculaire possible à l'axe de l'arbre,
- Vérifier le parallélisme des bras,
- Éviter d'exercer une pression trop forte sur les bras,
- Pousser le compas contre l'arbre jusqu'au contact de la règle de mesure avec le tronc.

V-1-1-2-Le pentaprisme de Wheeler

Il permet également la mesure du diamètre à divers niveaux d'un arbre sur pied. Il s'agit d'un appareil à prismes optiques disposés de telle manière que l'image du côté droit du tronc fournie par un prisme mobile puisse être en coïncidence avec l'image du côté gauche de ce tronc fournie par un prisme fixe.

La lecture s'effectue sur une règle graduée, en regard d'un curseur solidaire du déplacement du prisme mobile. Le pentaprisme permet de mesurer des diamètres à partir de n'importe quelle distance d'éloignement de l'arbre. Afin de connaître la hauteur à laquelle on mesure le diamètre,

il est possible de coupler le pentaprisme à un clinomètre (mesureur d'angles). A ce moment, il sera conseillé, pour des raisons de précisions de mesure, de fixer l'appareil sur un trépied (Fig.20).

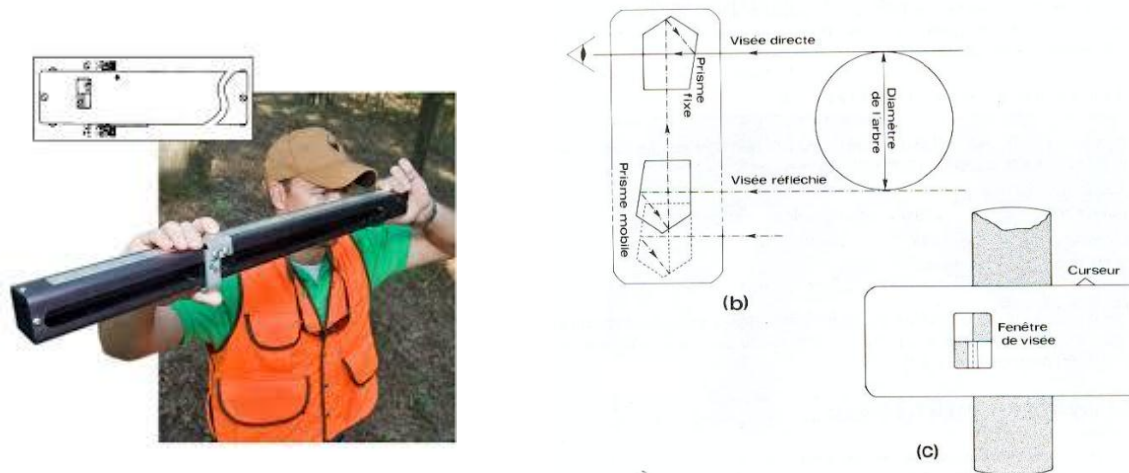


Fig.20 - Pentaprisme de Weehler

V-1-2- Mesure de la circonférence

La mesure de la circonférence s'opère généralement à l'aide d'un ruban, si possible indéformable, à trame métallique ou mieux en fibre de verre. Ce ruban (de 1,5 m ou de 3 m) permet la mesure à hauteur de poitrine (1,3m).

Conventions liées à la morphologie des arbres (Voir chapitre surface terrière)

V-1-3- La surface terrière (Voir chapitre précédant)

V-2- La hauteur des arbres

La hauteur est la caractéristique la plus importante à mesurer ou à estimer en vue de déterminer le volume ou divers paramètres de forme.

Elle joue aussi un rôle essentiel dans la caractérisation de la productivité des stations forestières. Nous réserverons le terme de « hauteur » aux arbres sur pied, tandis que le terme de « longueur » concernera plutôt la mesure de la tige d'arbres abattus.

La hauteur des arbres est généralement mesurée selon deux types de procédés : les procédés simples et les dendromètres.

V-2-1- Les procédés simples

Ce sont des procédés qui ne nécessitent aucun appareil sophistiqué (dendromètre).

Certaines de ces méthodes ne sont évidemment pas recommandées si une grande précision est exigée.

V-2-1-1- La croix du bucheron

Prendre deux baguettes (par exemple : 20cm) de mêmes dimensions et droites. Placer la première en position horizontale (parallèle au plan du sol) et la seconde perpendiculairement à la 1^{ère} (Fig.21).

Se placer face à l'arbre, à une distance approximativement voisine de sa hauteur. Puis, avancer ou reculer et faire coulisser la baguette verticale de manière à faire coïncider :

- Le pied de l'arbre, le bas de la baguette verticale et son oeil sur une même ligne (cB)
- La cime de l'arbre, le haut de la baguette verticale et son oeil sur une même ligne (cA)
- Lorsque les deux extrémités de l'arbre correspondent aux extrémités de la baguette verticale, mesurer la distance vous séparant de l'arbre (BC). La hauteur de l'arbre (AB) est alors égale à la distance (BC).

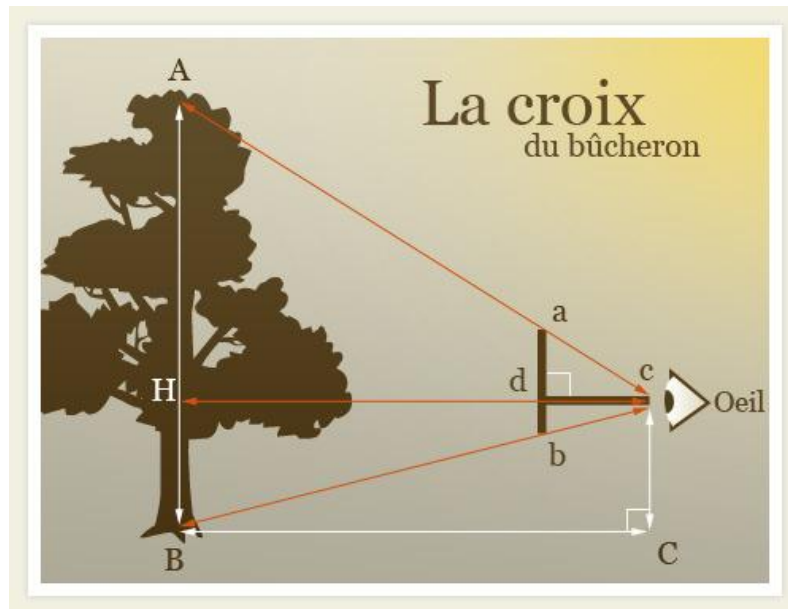


Fig.21 - Principe de la croix du bucheron (arbre.org)

V-2-1-2- La méthode de l'ombre de l'arbre

Les ombres doivent être suffisamment allongées pour faciliter la mesure. Évitez le milieu de journée. Placez-vous dos à l'arbre et faites coïncider l'ombre du sommet de votre tête avec celle du sommet de l'arbre. Ce point est appelé O.

Mesurez alors : la distance OB qui sépare l'arbre du point O, en comptant le nombre de pas de 1 m ou en utilisant un décimètre. OA est la hauteur de votre ombre (Fig.22).

MESURER LA TAILLE D'UN ARBRE EN TERRAIN DÉGAGÉ ET PAR TEMPS ENSOLEILLÉE

POUR CONNAITRE LA HAUTEUR D'UN ARBRE EN UTILISANT SON OMBRE, SE PLACER DOS AU SOLEIL (ET À L'ARBRE) ET FAIRE COINCIDER LE SOMMET DE NOTRE OMBRE PERSONNELLE AVEC CELLE DE L'ARBRE.

CONNAISSANT NOTRE PROPRE TAILLE (T), LA LONGUEUR DE NOTRE OMBRE (OA) ET LA LONGUEUR DE L'OMBRE DE L'ARBRE (OB), IL SUFFIT DE FAIRE LE CALCUL SUIVANT :

$$H = T \times \frac{OB}{OA}$$

EN S'APPUYANT SUR LE THÉORÈME DE THALÈS

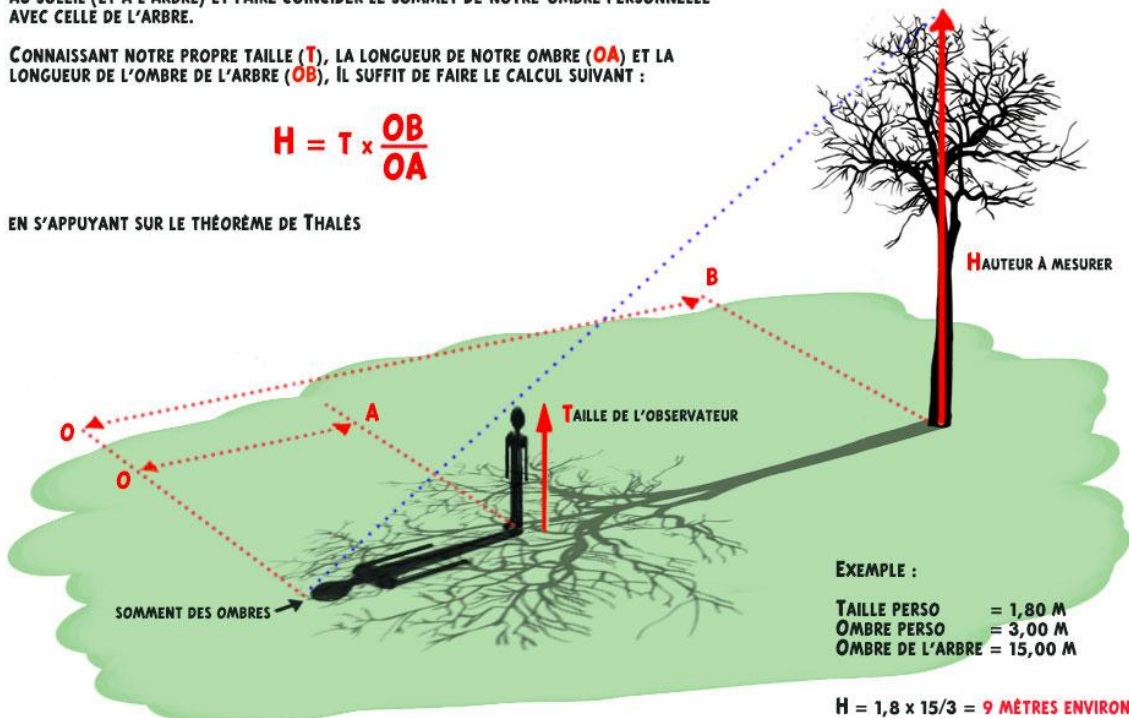


Fig.22 - La méthode de l'ombre de l'arbre

V-2-1-3- La méthode de "point de chute"

Un autre procédé, extrêmement simple est d'estimer la hauteur d'un arbre en mesurant la distance séparant le pied de cet arbre du point de chute de son extrémité supérieure.

Cette distance sera généralement mesurée au double pas (Fig.23).

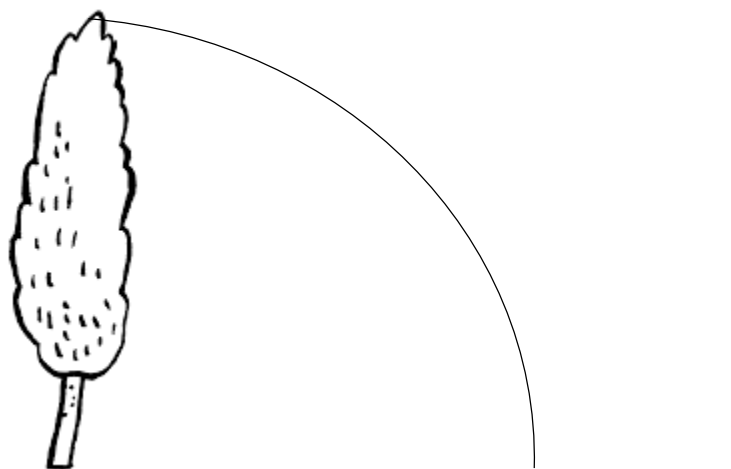


Fig.23- La méthode du point de chute

V-2-2- Le dendromètre

Le dendromètre est un instrument de mesure, utilisé en dendrométrie permettant de déterminer la hauteur d'un arbre.

V-2-2-1- le dendromètre à faire soi même

La mesure de la hauteur d'un arbre est soumise à des erreurs dont les plus grossières peuvent être évitées ou réduites en prenant quelques précautions : Quelque soit le dendromètre utilisé, vérifier régulièrement son exactitude ;

- Si un arbre est penché, faire la mesure à partir d'un point situé dans une direction perpendiculaire au plan vertical dans lequel se situe cet arbre ;
- Sur un terrain en pente, viser à partir d'un point situé si possible sur la même courbe de niveau que celle relative au pied de l'arbre ou, à défaut en amont de l'arbre ;

On peut fabriquer un dendromètre simplement avec un tube et un morceau de carton (Fig.24).

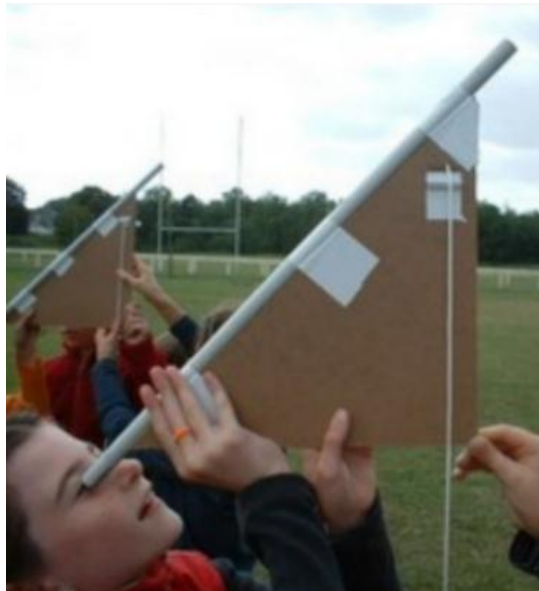


Fig.24- Dendromètre à faire soi même

- 1- Viser la cime de l'arbre.
- 2- Vérifier l'horizontalité et la verticalité du dendromètre grâce à la ficelle lestée.
- 3- Pour connaître la hauteur de l'arbre, il faut mesurer la distance du pied de l'arbre à la personne qui tient le dendromètre et ajouter la taille de cette personne.

V-3- Forme et âge d'un arbre, épaisseur de l'écorce

V-3-1- Âge d'un arbre

Par âge d'un arbre, on entend le nombre d'années compté à partir de la germination de la graine. Cependant, conventionnellement, on considère souvent l'âge d'un arbre planté à partir de son introduction en forêt, à l'exclusion du temps passé en pépinière.

Si l'âge d'un arbre abattu peut être facilement déterminé par comptage des cernes annuels sur la section d'abattage ou sur la souche (le plus près possible du sol, pour incorporer les pousses des premières années), l'opération est plus délicate lorsqu'il s'agit d'un arbre sur pied.

L'âge d'un arbre sur pied peut être déterminé par deux méthodes :

- **Par comptage des verticilles** : cette méthode concerne les seuls conifères, spécialement les espèces bien verticillées et pour autant qu'elles ne fassent pas plusieurs pousses par an comme c'est le cas pour le pin maritime (Fig.25).

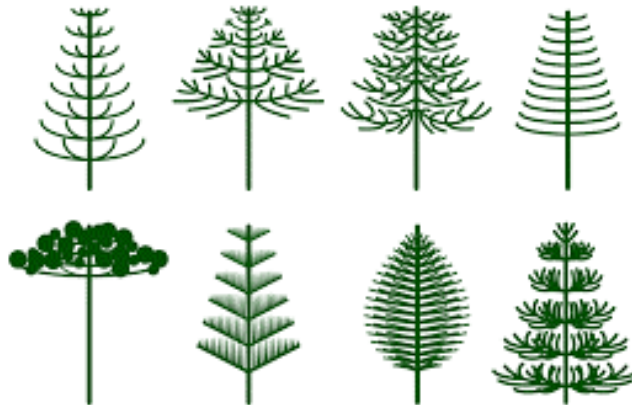


Fig.25 - Arbres avec verticilles

- **Par extraction d'une carotte de sondage** à la tarière de PRESSLER (Fig.26) et comptage des cernes annuels. Ce comptage peut être effectué au moyen d'appareil de mesure relativement sophistiqués. Souvent, le sondage est effectué à 1,3 m du sol et sert simultanément à des mesures d'accroissements. Toutefois, vu que la méthode est destructive (apparition de pourritures ou de colorations malgré les précautions habituelles : matériel désinfecté, obturation au moyen de gomme ou de mastic,...), il est conseillé, si l'âge est la seule information recherchée, d'effectuer le prélèvement le plus près possible du sol (par exemple à 30 cm de hauteur).



Fig.26 - Tarière de Pressler (©Zuwachsbohrer web)

Remarque

L'estimation de l'âge par l'intermédiaire de la tarière de PRESSLER est cependant soumise à trois causes d'erreurs :

- Cernes annuels trop serrés compliquant l'identification et le dénombrement, Absence possible de moelle (centre de l'arbre) dans l'échantillon prélevé (il est difficile de passer par le centre de l'arbre),
- Estimation du nombre d'années mis par l'arbre pour atteindre le niveau sondé à la tarière.

V-4- Épaisseur de l'écorce

La mesure de l'épaisseur de l'écorce peut être intéressante à deux niveaux :

- Afin de pouvoir apprécier l'importance de ce déchet dans le cadre de l'utilisation de sous-produits de la forêt à des fins chimiques, énergétiques et agronomiques (mulch d'écorce,...).
- Estimation du taux d'écorce lors des transactions commerciales afin d'estimer le diamètre ou le volume sous écorce des arbres

V-4-1- Expressions de l'importance de l'écorce

L'importance de l'écorce peut être exprimée en grosseur (diamètre) ou en surface terrière ou encore en volume.

Le taux d'écorce dépend évidemment de l'essence (l'épicéa commun a un taux d'écorce bien inférieur à celui du mélèze par exemple), mais aussi d'autres facteurs. Pour une même espèce, en effet, l'épaisseur d'écorce n'est pas uniforme le long du fût de l'arbre. De plus, à une même hauteur donnée dans des arbres de la même espèce, l'épaisseur d'écorce est très variable car elle dépend notamment :

- Du diamètre,
- De la station, de l'altitude,
- De l'orientation,
- De facteurs génétiques

V-4-2- mesure de l'épaisseur d'écorce et détermination du taux d'écorce

Les appareils utilisés pour mesurer l'épaisseur de l'écorce sont le mesureur d'écorce, le marteau sondeur et, accessoirement la tarière de PRESSLER.

V-4-2-1-Mesureur d'écorce

Aussi appelé jauge à écorce (« barkmätare » en suédois), le mesureur d'écorce est composé d'une tige en acier creuse profilée en demi-cercle, ayant une extrémité tranchante et comportant des graduations millimétriques à l'autre extrémité. La tige coulisse dans un tube terminé par une plaque métallique perpendiculaire à l'axe d'enfoncement. L'appareil doit être tenu

perpendiculairement à l'arbre et la tige est enfoncée à travers toute l'écorce. Il est recommandé d'effectuer deux mesures à des endroits diamétralement opposés.

V-4-2-2- Le marteau sondeur

Cet appareil, en acier suédois spécial, permet d'extraire rapidement, en frappant l'arbre, un petit cylindre de bois d'environ 3 cm de long, sur lequel on observe ou mesure l'épaisseur de l'écorce. Le système, avant tout destiné au prélèvement de petites carottes de bois (on peut y compter ou mesurer les cernes annuels des dernières années), est cependant déconseillé pour effectuer des mesures d'écorce avec une précision satisfaisante.

CHAPITRE VI

LA FRÉQUENCE

Chapitre VI - La fréquence

VI-1- Définition

Le concept de fréquence a été développé et utilisé par l'écologiste danois Raunkiaer. Il traduit le principe de fréquence, par le fait de mentionner le nombre de fois où une espèce a été rencontrée en marchant à travers un peuplement (zone homogène de végétation). Cette écologiste a décrit la végétation d'une zone en observant la présence de toutes les espèces dans de petites unités d'échantillonnage de dimensions 316×316 mm (0,1 m²) placées sur la zone. Il a suggéré que l'importance d'une espèce pourrait être déterminée par le nombre d'unités d'échantillonnage avec les espèces présentes

De nombreuses descriptions de la végétation utilisant des mesures de fréquence indiquent souvent l'abondance et la répartition d'une espèce. La mesure de fréquence, lorsqu'elle est utilisée comme estimation relative de la densité ou comme estimation de la couverture végétale, indique l'importance relative d'une espèce dans une communauté végétale.

VI-2-Fréquence spécifique centésimale (FSC) et recouvrement spécifique

La FSC est le rapport entre le nombre de points où le taxon est présent et le nombre de points de relevés, le tout rapporté à cent. Exprimée autrement, la fréquence spécifique centésimale (FSC_i) d'un taxon *i* est égale au rapport, exprimé en pour cent, du nombre de fois (*n_i*) où le taxon *i* a été recensé le long de la ligne au nombre total de points échantillonnés.

$$F_c = \frac{n_i}{N} \times 100$$

La fréquence spécifique exprime la probabilité de présence d'un taxon dans l'unité échantillonnée. La précision de la mesure dépendra du nombre d'unités échantillonnées.

VI-3- Utilisations des données de fréquence

- La fréquence est le plus souvent utilisée pour comparer les communautés végétales et pour détecter les changements dans la composition de la végétation au fil du temps.
- Utilisé pour décrire la distribution d'une espèce dans une communauté.
- Souvent utilisé en combinaison avec des estimations de densité ou de couverture.
- Utilisé pour mesurer la tendance ou la condition.

VI-4- Avantages

- La répétabilité élevée.
- Rapide et facile à mesurer.

- La fréquence des plantes enracinées est moins sensible aux fluctuations des influences climatiques et biotiques; en particulier pour la végétation pérenne.
- Peut décrire la distribution des espèces dans une communauté.

VI-5- Inconvénients.

- La fréquence est fortement influencée par la taille et la forme des quadrats utilisés.
- La fréquence ne peut pas dire quel paramètre a changé : canopée, couverture, densité ou modèle de distribution.
- La fréquence est influencée par la taille et la forme du tracé.

1- Si la parcelle d'échantillonnage est petite, les chances que l'espèce végétale d'intérêt soit enregistrée sont faibles, ce qui entraîne une faible fréquence.

2- Si la parcelle est trop grande, les espèces végétales d'intérêt seront dans presque toutes les parcelles. Cela entraînera un indice de fréquence élevé et ne montrera pas la distribution de la plante dans une communauté.

VI-6- Taille de la parcelle

L'unité d'échantillonnage de la surface du sol délimitée par une parcelle peut être de n'importe quelle taille ou même aussi grande qu'une communauté végétale.

Les tailles des parcelles utilisées vont de 0,1 m² pour une couche de mousse présente dans les communautés végétales jusqu'à 100 m² pour une communauté végétale boisée.

D'autres ont utilisé une plaque quadrillée transparente comportant 100 points disposés en treillis avec un espacement de 1 cm (10×10 cm) pour estimer la fréquence. La surface d'un quadrat utilisée pour obtenir des données de fréquence ou d'autres données de mesure détermine la plus petite échelle de motif à laquelle une espèce se trouve.

Note : Il faut savoir que la précision et la validité des mesures sont d'autant plus grandes que les unités d'échantillonnages sont plus petites.

Tailles empiriques suggérées (Cain et Castro, 1959)

Couche de mousse 01-.0 m²

Couche d'herbe 1-2 m²

Grandes herbes et arbustes bas 4 m²

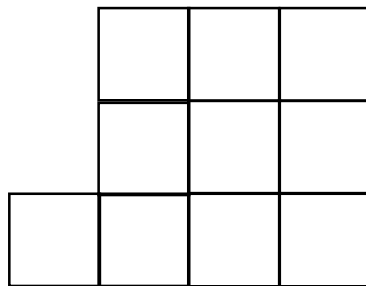
Grands arbustes et arbres bas 10 m²

Arbres 100 m²

VI-7- Forme de la parcelle en surface contiguë

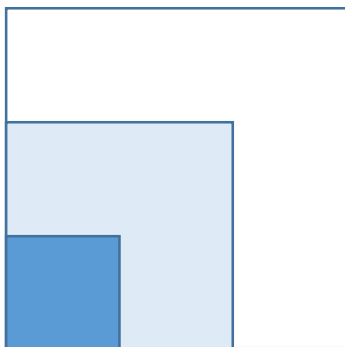
VI-7-1- Grille de carrés contigus

Jaccard semble bien être le premier à avoir utilisé des grilles de carrés contigus pour l'étude des prairies. Il s'agissait d'un ensemble de carrés de 1 x 1 m se touchant par un côté et disposés en une ligne de 4 et 2 lignes de 3 comme sur la figure ci-dessus. Il dresse la liste floristique complète de chaque carré, cela donne d'abord la liste floristique complète des 10 m² ; en regard de chaque espèce il indique le nombre de carrés où elle a été trouvée. Le matériel nécessaire consiste en 18 piquets, une trentaine de mètres de corde et un double- mètre pliant. Pratiquement, il faut disposer les piquets aux emplacements des noeuds extérieurs de la grille et tendre soigneusement la corde entre ces piquets.

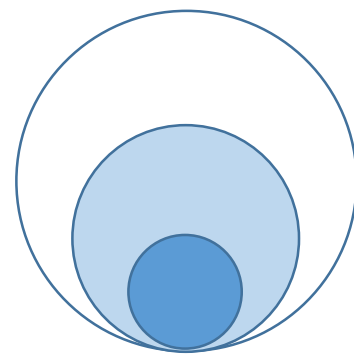


Cette méthode donne une quantification objective de la fréquence des espèces dans le gazon (strate herbacée) ; elle est assez longue à mettre en œuvre en prairie permanente où l'inventaire complet d'un mètre carré est relativement laborieux. Dans les végétations ouvertes, elle serait rapide mais les carrés seraient souvent trop petits et pas assez nombreux pour donner une image représentative de la végétation.

VI-7-2- Parcelles imbriquées



3 parcelles carrées imbriquées



3 parcelles circulaire imbriquées

CHAPITRE VII

LA DENSITÉ

Chapitre VII- La densité

VII- Définition

La notion de densité des taxons, exprimée en nombre d'individus de chaque taxon et par unité de surface (m^2), est capitale dans la caractérisation des unités. Cette mesure (comptage) est réalisée, pour les végétaux pérennes, sur des surfaces correspondant à l'aire minimale déjà évoquée. Pour les espèces annuelles, la densité étant généralement plus élevée, les comptages se font sur des placettes de $1 m^2$.

VII-2- La taille de la parcelle

Ces parcelles font, respectivement, 1 Les tailles des parcelles varient selon ce qu'on veut calculer dans une communauté forestière : cela peut être des herbes, d'arbustes ou d'arbres.

, 4 et 10 m sur des parcelles latérales de 1, 16 et 100 m^2 , respectivement (figure), et sont utilisées de façon extensive lorsque des comptages d'herbes, d'arbustes et d'arbres individuels sont nécessaires d'une communauté forestière.

Habituellement, ces parcelles sont nichées, c'est-à-dire que la parcelle de $1 m^2$ est placée dans un coin de la parcelle de $16 m^2$ et que celle-ci est placée dans un coin des $100 m^2$. Seules les plantes herbacées sont comptées par espèce dans la zone de $1 m^2$, tandis que les arbustes sont comptés dans la superficie totale de $16 m^2$, et les petits arbres dans les $100 m^2$. Les grands arbres peuvent être comptés dans une plus grande parcelle, $900 m^2$ (de $30 \times 30 m$).

VII-3- La forme de la parcelle

Les formes des parcelles peuvent être des carrés, des rectangles ou des cercles et sont toutes utilisées pour estimer la densité des plantes. Des études sur les formes de parcelle ont eu lieu au début du XXe siècle lorsque Raunkiaer (1909) a commencé à enregistrer la fréquence des espèces végétales.

Il ne s'est pas référé à une étude spécifique. Il a choisi d'utiliser une parcelle circulaire de $0,1 m^2$ pour dresser la liste des occurrences d'espèces végétales dans les communautés végétales. On pourrait en déduire une publication de Pound et Clements (1898). Ils sont connus pour avoir été parmi les premiers à utiliser des quadrats pour mesurer les caractéristiques de la végétation. Ils ont utilisé des cadres de $5 m^2$ pour compter les espèces végétales dans les types de végétation du Nebraska (États-Unis), mais ils ont réalisé que l'estimation de la densité était affectée par le degré de dispersion des individus et la taille Ils sont connus pour avoir été parmi les premiers à utiliser des quadrats pour mesurer les caractéristiques de la végétation. et la forme du quadrat.

Des études plus récentes ont rapporté les effets de la forme quadratée sur les résultats de la fréquence, de la couverture, de la densité et des estimations de la biomasse.

En effet, après un certain temps, la densité diminue au fur et à mesure que la taille des individus augmente et que la concurrence pour les ressources s'accroît. Les stades «matures» présentent généralement de forts couverts végétaux mais de faibles densités en individus pérennes. Il est donc essentiel de prendre en compte le facteur temps afin d'évaluer les capacités d'un milieu à se régénérer. A l'inverse, des fortes contraintes exercées en permanence peuvent provoquer une réduction de la taille des individus (nanification) et une augmentation de leur densité. L'augmentation de la densité (et du phytovolume) des espèces résistantes aux stress et aux perturbations versus la diminution de la densité (et du phytovolume) des espèces sensibles aux mêmes facteurs constitue donc un indicateur de dégradation.

VII-4- Interprétation

L'interprétation des résultats peut se faire par comparaison avec les densités des mêmes taxons dans des mêmes types de végétation ou, plus rigoureusement, des comparaisons dans le temps (suivi) sur un même site.

CHAPITRE VIII
LA PHYTOMASSE

Chapitre VIII- La Phytomasse

VIII-1- Définition et concepts

La *phytomasse* aérienne est la quantité (poids) du matériel végétal, vivant ou non, présent au-dessus de la surface du sol, par unité de surface et à un instant donné.

Dans un peuplement en état satisfaisant de développement, cette phytomasse constitue la majeure partie de la phytomasse totale.

La *phytomasse* aérienne sur pied est la quantité de végétation sur pied présente. Elle s'exprime très généralement en kilogrammes de matière sèche par hectare (kg/MS/ha).

La *phytomasse* « verte » sur pied distingue la phytomasse sur pied de la part plus ou moins importante de matériel mort et qui est une partie de la *nécromasse sur pied*.

La *nécromasse* comprend l'ensemble du matériel mort, qu'il soit ou non encore rattaché aux parties aériennes, présent par unité de surface et à un instant donné. La *nécromasse* tombée au sol est dénommée *litière*.

La *phytomasse* totale requiert d'ajouter à la phytomasse aérienne, déjà évoquée, la phytomasse souterraine (poids des racines vivantes et mortes par unité de surface) à un moment donné et pour une surface connue.

VIII-2- Protocoles de mesure

VIII-2-1- Méthode destructive

Protocole

Il importe de bien définir les conditions de mesure dont dépendent les interprétations des données. Parmi ces conditions à relever :

- Présence ou absence de pâturage (et niveau de pression pastorale),
- Position vis-à-vis du cycle phénologique (périodique) des espèces dominantes (quand est-ce qu'elle bourgeonnent, elles atteignent leurs hauteur maximale, floraison, etc...), situation climatique (et surtout pluviométrique) de l'année de végétation en cours, etc.

La végétation coupée au ras du sol sur une surface donnée est appelée aire minimale et elle constitue une base convenable pour les mesures de poids pour la végétation pérenne (vivace : qui survivent plusieurs années).

Cette aire minimale doit être :

– Eventuellement triée, afin de séparer le matériel vivant de ce qui est mort ; le tri peut aussi être perfectionné en séparant les espèces ou encore en séparant les rameaux feuillés du bois, etc.,

– Pesée sur place pour en connaître le poids frais. On prélève ensuite un échantillon de poids vert connu, qui sera mis à l'étuve à une température de 75 à 80 °C pour dessèchement, durant 48 à 72 heures (jusqu'à poids constant).

A retenir :

- 1- La biomasse est donc le rapport (%) entre poids vert et poids sec de l'échantillon rapporté au labo devient un coefficient qui, appliqué au poids frais de terrain, en convertira les données en poids sec.
- 2- Le quotient poids vert/poids sec varie avec les saisons et l'état de la végétation ;
- 3- Il est souhaitable de trier les espèces physiologiquement dominantes, et de les peser séparément dès le terrain.
- 4- Pour la végétation annuelle, les mesures sont effectuées sur des placettes de 1 m² avec un grand nombre de répétitions étant donné le caractère très aléatoire de la distribution des végétaux de cette strate.

La suite de la procédure (échantillon, pesée, séchage) est commune aux deux catégories végétales.

Un des problèmes majeurs, à l'application du protocole, est la détermination du nombre de coupes à effectuer pour atteindre une représentativité suffisante.

Ce nombre (généralement de 10 à 20) est sous la dépendance de l'homogénéité plus ou moins grande de la distribution de la végétation.

VIII-2-2- Méthodes mixtes ou indirectes dites 'peu' ou "non destructives"

Les méthodes quantitatives, présentées plus haut, sont destructives et peuvent être singulièrement contraignantes si l'on souhaite assurer un suivi, même sur le moyen terme. Pour ces raisons, nous accordons une place toute particulière aux méthodes regroupées ici sous le vocable 'Méthodes mixtes ou indirectes'.

Ces méthodes ne présentent pas toutes la même facilité d'application ni le même intérêt. Parmi un grand nombre de méthodes décrites dans la littérature, une certaine préférence est accordée aux méthodes suivantes tout en reconnaissant que les choix peuvent également être tributaires (ou bénéficiaires) des compétences scientifiques et techniques mobilisables au niveau des observatoires.

VIII-2-1-1- Méthode par entraînement d'observateurs

Protocole

Cette méthode a été très employée Floret et Pontanier, (1982) pour l'étude de la végétation steppique de la Tunisie aride. La méthode pratique d'exécution des mesures de terrain est inspirée de celle de Pechanec & Pickford (1937).

Pour chaque type d'unité, dont il est souhaité de déterminer la phytomasse, environ 30 placettes élémentaires (ayant chacune la superficie de l'aire minimale) sont tirées au hasard. Pour chaque première parcelle d'une série de trois, il est procédé à une estimation visuelle du poids vert de chaque touffe puis à sa pesée après coupe au ras du sol. Les données obtenues (estimation puis poids mesuré) sont toutes enregistrées. Pour les deux parcelles suivantes de chaque série de trois, le poids de chaque touffe est seulement estimé et cette estimation également enregistrée. Pour chaque type de milieux, il est ensuite procédé de la même manière pour les 9 autres séries de trois placettes et les données également enregistrées. Progressivement les observateurs, toujours les mêmes dans la mesure du possible, améliorent leur évaluation visuelle et les résultats sont, de toute manière, corrigés par l'erreur moyenne calculée sur les individus ayant été à la fois estimés et pesés (1 placette sur trois).

Interprétation

Les résultats pouvaient ensuite être exprimés en poids sec après passage d'échantillon à l'étuve et calcul de la corrélation entre poids vert et poids sec.

La méthode offre l'avantage d'être à la fois économe en temps, d'où la possibilité d'accroître le nombre d'échantillons, et bien moins destructive.

VIII-2-1-2-Méthode de l'arbre moyen

Protocole

Pour les arbres et gros arbustes, il est possible de recourir à la méthode dite de 'l'arbre moyen'. Il s'agit d'une approche essentiellement pratiquée par les forestiers. Elle est effectivement peu destructive.

La méthode consiste à procéder tout d'abord à un inventaire des arbres sur des placettes de 1 ha (100 x 100 m ; ou un cercle de 56,4 m de rayon). Pour chaque placette, les individus sont répartis en classes (jusqu'à 10) en fonction de leur hauteur mais éventuellement aussi du diamètre de la couronne, etc. La pesée de la phytomasse est alors effectuée sur l'arbre moyen (caractéristiques moyennes). Généralement, les pesées sont effectuées en distinguant les feuilles, le tronc, et quelques diamètres de branches. Cette technique forestière dite de 'l'arbre moyen' n'est, de l'avis des personnes qui l'ont utilisée, réellement applicable qu'à l'étude de formations équiennes (plantations dont les individus sont de même âge, etc.). C'est ainsi qu'elle a été utilisée par Zaafouri (1993) pour des mesures sur des plantations d'arbres et arbustes fourragers en Tunisie aride.

Dans certaines situations (savanes arborées, etc.), il reste possible de combiner une telle méthode, appliquée à la mesure sur les arbres, et la méthode destructive appliquée à la mesure de la végétation basse.

Interprétation

La phytomasse du peuplement (ou des arbres du peuplement) est obtenue en multipliant le résultat de 'l'arbre moyen' par le nombre d'arbres du peuplement. II. Production et Productivité

CHAPITRE IX
SUIVI ET MONITORING

Chapitre IX- Suivi et monitoring

IX-1- Définition

L'utilisation des quadrats permanents a été recommandée par de nombreux écologistes mais peu d'entre eux suivent cet excellent conseil. Chaque fois qu'il est possible qu'une parcelle de terrain fasse l'objet d'examen ultérieurs, on devrait en marquer les limites de façon permanente car l'étude systématique, pendant un certain nombre d'années, d'un même quadrat donne des résultats très intéressants.

L'étude de diverses séries de données recueillies au fil des ans, chacune basée sur une méthodologie uniforme, devrait permettre

- de dresser un portrait de l'évolution des espèces sur de vastes territoires,
- de cerner les questions qui requièrent une recherche plus poussée et
- de définir les enjeux environnementaux inattendus.

Les protocoles de suivi de la biodiversité des plantes terrestres présentés ici reposent sur l'utilisation de parcelles de terrains carrées et permanentes de différentes dimensions. Les points de mire sont les plantes vasculaires aériennes, mais également les lichens et les mousses qui poussent au ras du sol.

Pour surveiller les changements à long terme de la biodiversité végétale dans différents écosystèmes, il est essentiel d'utiliser des échantillons d'aires balisées en permanence. Le Réseau d'évaluation et de surveillance écologiques (RESE) a adopté comme norme les parcelles carrées.

Avec l'utilisation de plus en plus fréquente de données-satellites, la vérification sur terrain constitue un élément précurseur essentiel à l'interprétation des données. Les parcelles de suivi permanentes, où sont recueillies des données sûres, peuvent servir de point de référence standard à l'interprétation des changements observés par satellite ; autrement dit, elles constituent des postes permanents de vérification sur le terrain.

Avant d'entreprendre un programme d'observation à long terme et, en particulier, avant de délimiter des parcelles permanentes, le Groupe responsable (personnes chargées de la surveillance) devrait :

- a) définir et consigner la justification, les objectifs et le devis expérimental du programme de suivi ;
- b) s'assurer que les systèmes de gestion et les modalités d'archivage des données sont en place ;

- c) aller examiner tous les sites potentiels et choisir ceux qui conviennent pour les parcelles prévues – nécessairement une démarche subjective ;
- d) obtenir les autorisations et les permis nécessaires à la réalisation du programme de suivi proposé sur les parcelles de terrain choisies ;
- e) procéder à l'évaluation préliminaire des parcelles de terrain, préparer un inventaire préliminaire des plantes et recueillir si nécessaire, des spécimens.

IX-2-Comment déterminer la taille de parcelle à surveiller ??

On choisit la taille de la parcelle en fonction des strates :

- parcelle permanente de cent mètres par cent mètres, pour le suivi de la biodiversité des arbres formant le couvert ;
- parcelle permanente individuelle de vingt mètres par vingt mètres, pour le suivi de la biodiversité des arbres formant le couvert ;
- parcelle permanente de cinq mètres par cinq mètres, pour le suivi de la biodiversité de la strate des arbrisseaux et petits arbres ;
- parcelle permanente d'un mètre par un mètre, pour le suivi de la biodiversité de la couverture vivante ;
- transects permanents formés de quadrats contigus de cinq mètres par cinq mètres ;
- transects permanents formés de quadrats contigus d'un mètre par un mètre.

IX-3- protocoles de suivi de la biodiversité de la strate du couvert forestier

Les méthodes décrites ici sont recommandées pour les peuplements où l'on ne trouve pas de gradients de végétation prononcés. Pour un programme de suivi en présence de gradients prononcés (par ex. : à la limite forestière ou près d'étendues d'eau), nous recommandons l'établissement de transects permanents.

Pour les besoins de ce document, un arbre mesure au moins 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine (dhp), c'est-à-dire, à 1,3 m au-dessus du sol. Cette norme est généralement reconnue dans les ouvrages portant sur l'écologie ou la sylviculture des forêts tempérées. Cependant, de nombreux arbres à la limite de leur extension ou poussant dans un environnement difficile n'atteignent pas cette taille, même s'ils forment le couvert d'une communauté forestière.

IX-3-1- Objectif de ce protocole

Le suivi à long terme des arbres d'une parcelle forestière délimitée de façon permanente permet d'obtenir des renseignements importants sur :

- La structure et la composition d'une forêt ;
- L'état, le rythme de croissance et la longévité des espèces d'arbres constituant cette forêt ;

- Les variations progressives de la composition des espèces et de la taille du peuplement;
- Les impacts des changements environnementaux sur les arbres parvenus à maturité, etc.

Ce suivi continu est aussi important pour pouvoir, à l'avenir, évaluer avec certitude l'impact des décisions actuelles affectant la végétation forestière. Les parcelles permanentes dont l'évolution est surveillée correctement pourraient également constituer des sites de vérification au sol des mesures satellitaires.

IX-3-2- Dimensions des parcelles

Pour la recherche et le suivi à long terme des écosystèmes forestiers, le Réseau de surveillance et d'évaluation écologiques (RESE) recommande deux tailles de parcelles carrées : 100 m x 100 m (1 ha) et 20 m x 20 m pour le suivi des arbres du couvert.

IX-3-2-1- Parcelles de 1 ha

On peut utiliser des parcelles de cette taille, lorsque les peuplements sont suffisamment vastes pour les comprendre, lorsque le dhp de la majorité des arbres qui forment le couvert forestier dépasse 10 cm et lorsque les ressources permettent d'établir ces parcelles et d'effectuer les mesures selon la périodicité recommandée.

Une parcelle de 1 ha constitue un échantillon relativement important et, par conséquent, devrait être assez représentatif du peuplement choisi, en terme de relations spatiales entre les différentes espèces, de répartition des arbres, de la chute des arbres, de la composition des espèces, etc. Un échantillon de cette taille permet d'éviter la distorsion involontaire que crée souvent le recours à des parcelles plus petites qui exclurait éventuellement des zones clairsemées ou de petites zones atypiques d'un peuplement forestier. Par contre, l'utilisation des parcelles de 1 ha prend beaucoup de temps et est onéreuse.

IX-3-2-2- Quadrats autonomes de 20 m x 20 m

Il est relativement peu onéreux de créer des quadrats permanents de 20 m x 20 m; cela permet en plus d'aménager des parcelles dans un seul grand peuplement ou dans plusieurs peuplements avoisinants. Alors que des quadrats de cette taille peuvent être utilisés dans n'importe quel peuplement forestier, ils sont particulièrement recommandés dans les situations suivantes :

- a) les peuplements forestiers à superficie limitée (par exemple, petits terrains boisés, forêts urbaines ou dans des vallées étroites) où une parcelle de 1 ha est trop grande pour la taille du peuplement ;
- b) les forêts rabougries où la plupart des arbres ont un dhp inférieur à 10 cm, en particulier dans la taïga boréale, dans les forêts en altitude, près de la limite forestière et sur des landes artificielles (industrie) ;

c) les peuplements denses, jeunes et même âgés où le dhp de la plupart des arbres n'atteint pas 10 cm ; par exemple, les forêts de résineux juvéniles et les peuplements de jeunes peupliers faux-tremble. Ces peuplements ne renferment, pour une large part, que très peu d'espèces d'arbres, parfois même une seule, et ont été reboisés à la suite d'un incendie ou de dégâts causés par des insectes ;

d) les projets de recherche qui pour résoudre des problèmes locaux particuliers, souvent temporaires, obligent l'aménagement de nombreuses parcelles ;

e) une parcelle permanente de 1 ha qui a subi des changements importants à la suite d'un incendie, d'une coupe à blanc ou d'un grand chablis. Il se peut que, faute de temps et de ressources, l'on doive faire le suivi d'un nombre limité de quadrats de 20 m × 20 m, jusqu'à la fermeture du couvert.

IX-4- protocoles de suivi de la biodiversité de la strate des arbrisseaux et petits arbres

Les espèces ligneuses plus hautes que 1 m, mais dont le diamètre à hauteur de poitrine (dhp) est inférieur à 10 cm sont considérées dans cette section.

Dans ce chapitre, les définitions d'arbrisseaux et petits arbres ont été choisies par commodité, puisqu'il est difficile de les différencier.

Arbrisseaux : dans ce document, ils sont définis comme des plantes ligneuses dont le tronc, d'un dhp inférieur à 4 cm, se ramifie dès la base.

Les arbrisseaux sont généralement présents dans les forêts, ils dominent les landes et peuvent former le couvert dans les bandes riveraines, dans les écotones entre les forêts et les toundras alpines ou arctiques, dans les tourbières et autres milieux où la nappe phréatique est près du sol. L'on trouve aussi les arbrisseaux éparpillés en bouquets plus ou moins importants dans les prairies.

Petits arbres : dans ce document, ils sont définis comme des plantes ligneuses, au tronc non ramifié dont le dhp mesure entre 4 cm et 10 cm. En outre, lorsqu'elles sont présentes, les vignes (par ex. : le raisin) font partie des petits arbres, même si leurs feuilles sont dans la strate de couvert. Quelques espèces, particulièrement celles qui produisent beaucoup de rejets, peuvent avoir plus d'un tronc (par ex. : le bouleau à papier et l'érable rouge).

IX-4-1- Objectif de ce protocole

Le suivi des arbrisseaux et petits arbres dans les communautés forestières fournira des informations sur les taux de croissance et de mortalité des arbrisseaux et le taux de renouvellement des espèces d'arbres formant le couvert.

Le suivi fournira aussi des données sûres

- L'influence du couvert

- Les espèces confinées aux strates forestières inférieures et des indices sur l'évolution future de la structure des strates forestières supérieures. Dans les communautés non forestières, les données sur les arbrisseaux et petits arbres devraient nous fournir un aperçu de la dynamique.

IX-4-2- Dimension des parcelles

Nous recommandons des quadrats de 5 m × 5 m pour la plupart des situations, mais dans les broussailles très denses, des quadrats de 2 m × 2 m pourraient être adéquats.

Le Groupe responsable devrait décider de la dimension des quadrats et noter comment il est arrivé à cette décision. Afin d'assurer l'intercomparaison. Ne choisissez des quadrats que d'une seule taille pour cette strate.

L'utilisation de nombreux petits quadrats pour le suivi des arbrisseaux et petits arbres (étant donné leur hauteur et leur distribution) donnera une meilleure représentation de l'écosystème et des données plus sûres que quelques grandes parcelles. Pour cette strate, les petites parcelles permettent une utilisation plus efficace du temps et des ressources et, étant donné la hauteur des plantes, diminuent le risque d'oublier des individus.

IX-5- protocoles de suivi de la biodiversité de la couverture vivante

Par commodité, nous groupons dans ce chapitre le tapis végétal (composé des mousses, lichens et champignons poussant sur le sol, ainsi que des plantes rampantes et en rosette) et la strate herbacée (composée de toutes les herbacées quelle que soit leur taille et des plantes ligneuses plus petites que 1 m).

IX-5-1- Objectif du protocole

Les raisons pour lesquelles on effectue un suivi de la couverture vivante varieront avec les champs d'intérêts des Groupes responsables mettant en œuvre un programme de suivi de la biodiversité.

Toutes les espèces, à l'exception des épiphytes (ce sont des plantes qui poussent en se servant d'autres plantes comme support), commencent à se développer dans le tapis végétal et passent la partie la plus vulnérable de leur vie dans cette strate.

Les espèces trouvées uniquement dans la strate de la couverture vivante ont généralement une vie plus courte et des stratégies de survie différentes des espèces occupant les autres strates.

Les espèces de la couverture vivante sont très bien adaptées à leur environnement. Le grand nombre d'espèces et d'individus porte la promesse d'une base de données riche pour l'analyse de la dynamique de réponse aux changements environnementaux. Parmi ceux qui peuvent affecter les espèces, se retrouvent les variations de concentration de polluants atmosphériques,

l'augmentation des radiations ultraviolettes et la variabilité des régimes de température et d'humidité.

Un suivi à long terme des espèces formant la couverture vivante devrait nous permettre de séparer les variations cycliques de population à court terme, des modifications de population à long terme provoquées par les changements environnementaux.

Plus que pour toute autre strate, le suivi de la couverture vivante devrait nous apporter des résultats rapides sur les changements de population. Les observations phénologiques peuvent aussi contribuer à documenter les cycles climatiques et les changements à long terme. Le suivi d'espèces végétales rares — en majorité des herbacées — est important pour la détermination de la stabilité des populations. C'est aussi dans cette strate que les migrations d'espèces envahissantes peuvent être le plus facilement détectées. La couverture vivante est importante comme source d'alimentation et d'habitat pour certaines espèces animales (vertébrées et invertébrées). Les informations provenant du suivi de cette strate sont essentielles aux décisions d'utilisation des terres.

IX-5-2- Dimensions des parcelles

Pour le suivi de la couverture vivante, nous recommandons des quadrats de 1 m × 1 m. Pour certains écosystèmes, dans lesquels les individus sont petits, nombreux et serrés (par ex. : les prairies et les herbages denses), des quadrats plus petits pourrait être préférables (par ex. : 50 cm × 50 cm ou 25 cm × 25 cm).

Bien que les instructions données par ce document s'appliquent aux quadrats de 1 m × 1 m, on peut les adapter à des dimensions plus petites. Dans le cadre d'un programme de suivi, on devrait choisir une seule dimension de quadrat, car les données de quadrats de tailles différentes ne peuvent être combinées et doivent être traitées indépendamment.

Références bibliographiques

- ✚ Bonham, C. D. (2013). *Measurements for terrestrial vegetation*. John Wiley & Sons.
- ✚ Cain, S. A., & Castro De. (1959). *Manual of vegetation analysis*.
- ✚ Cordonnier, T., Tran-Ha, M., Piat, J., & François, D. (2007). La surface terrière : méthodes de mesure et intérêts. *Rendez-vous (RDV) techniques de l'Office National des Forêts (ONF)*, (18), 84.
- ✚ Daget, P., & Poissonet, J. (2010). Prairies et pâturages. *Méthodes d'étude de terrains et interprétations*.
- ✚ Dauriac, F. (2004). *Suivi multi-échelle par télédétection et spectroscopie de l'état hydrique de la végétation méditerranéenne pour la prévention du risque de feu de forêt*. Thèse de Doctoral. Doctorat Sciences de l'eau, ENGREF, Montpellier.
- ✚ Gillet, F., De Foucault, B., & JULVE, P. (1991). La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. *Candollea*, 46(2), 315-340.
- ✚ Gillet, F. (2000). La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. *Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie de l'Université de Neuchatel, Inst. Bot.*
- ✚ Greig-Smith, P. (1983). *Quantitative Plant Ecology (Studies in Ecology)*.
- ✚ Guinochet, M. (1973). Phytosociologie et systematique. *Taxonomy and Ecology', The Systematics Association*, 5, 121-140.
- ✚ Le Floc'h, E. (2008). Guide méthodologique pour l'étude et le suivie de la flore et de la végétation. *Collection Roselt/OSS, Tunis*, 175p.
- ✚ Massenet, J.Y. (2010). *Forme et âge d'un arbre, épaisseur de l'écorce*. Lycée forestier – Château de Mesnières – 76270 MESNIERES-EN-BRAY
- ✚ Massenet, J.Y. (2011). *Hauteur des arbres*. Lycée forestier – Château de Mesnières – 76270 MESNIERES-EN-BRAY
- ✚ Pound, R., & Clement, F. E. (1898). *The Phytogeography of Nebraska. Vol. 1*. Jacob North and Company.
- ✚ Raunkiaer, C. C. (1909). *Formationsundersøgelse og Formationsetatistik*.