

REVUE

Les herbages tropicaux

Revue synoptique des principes des méthodes d'étude
Application à l'échantillonnage de la végétation

par P. MAINGUY

SOMMAIRE

NÉCESSITÉ PRATIQUE DE L'ÉTUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DE LA VÉGÉTATION DES HERBAGES

1. ÉTUDE QUALITATIVE DE LA VÉGÉTATION. Les classifications de la végétation en A.O.F.

A. — **Nomenclature et classification des milieux végétaux en Afrique Noire Française, proposée par J.-L. TROCHAIN.**

B. — **Classification proposée par [les spécialistes du Conseil Scientifique pour l'Afrique au Sud du Sahara, en matière de phytogéographie.**

C. — **Classification des herbages.**

2. ÉTUDE QUANTITATIVE DE LA VÉGÉTATION

A. — **Recherche d'unités d'étude biologiquement significatives.**

1) LES NIVEAUX D'ÉTUDE DU PEU-
PLEMENT VÉGÉTAL.

2) LA MÉTHODE PHYTOSOCIOLOGIQUE, SON UTILITÉ.

B. — **L'échantillonnage.**

1) CHOIX DES UNITÉS D'ÉTUDE.

2) DÉTERMINATION DES MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE.

3) LES MOYENS PRATIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE.

C. — **L'analyse botanique.**

1) LES CRITÈRES DE L'ANALYSE.

2) LA FRÉQUENCE.

a) Définition.

b) Détermination de la fréquence

c) Utilisation de la fréquence.

d) Utilisation de la loi de fréquence.

e) Représentation graphique de la fréquence.

f) Conclusion.

3) LE NOMBRE.

a) Les méthodes utilisant l'estimation.

b) Les méthodes utilisant les comptages.

4) LA SURFACE.

a) Évaluation de la surface couverte.

b) Détermination de l'aire de base.

c) Les méthodes graphiques.

d) L'échantillonnage linéaire.

e) L'échantillonnage par points.

5) LE POIDS.

3. CONCLUSIONS.

4. BIBLIOGRAPHIE.

NÉCESSITÉ PRATIQUE DE L'ÉTUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DE LA VÉGÉTATION DES HERBAGES

La végétation naturelle représente à l'heure actuelle, pour l'élevage extensif africain, l'essentiel des ressources alimentaires utilisables.

Le principal souci de la section d'alimentation du Laboratoire Fédéral de l'Élevage de l'A.O.F., a donc été d'accorder à l'étude des plantes fourragères, la priorité dans l'ordre de ses recherches.

C'est vers l'étude biochimique des végétaux que ces dernières se sont d'abord orientées, en raison des possibilités techniques matérielles que nous avons pu immédiatement exploiter.

Afin de situer nos préoccupations dans un contexte africain aussi précis que possible, nous nous sommes d'abord efforcé de rassembler les données connues relatives à la composition chimique des fourrages tropicaux.

Dans un précédent article (1) nous avons réuni et résumé sous forme de tableaux la plus grande partie des documents que nous avons trouvés.

L'examen détaillé de nombreuses publications auquel nous nous sommes livré, nous a alors imposé quelques réflexions qu'il importe d'exposer et d'éclairer.

Dans l'ensemble des ouvrages consultés il est tout d'abord curieux de constater le manque de renseignements se rapportant aux caractéristiques des végétaux dont l'étude biochimique a été réalisée. Seuls quelques auteurs précisent sommairement le stade de croissance des plantes analysées.

Les données climatologiques sont généralement absentes. Quant aux caractéristiques du sol, elles ne sont qu'exceptionnellement mentionnées.

Si l'on ajoute que le mode de prélèvement des échantillons étudiés, ainsi que les méthodes analytiques utilisées ne sont jamais décrites, on apprécie la valeur relative des renseignements dont nous disposons.

(1) C. LABOUCHE et P. MAINGUY. — Aspects physiologiques et nutritionnels de l'alimentation du bétail en A.O.F. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1954, 7, n° 4, 241-307.

La comparaison et la critique des chiffres donnés par plusieurs auteurs n'est pas réalisable. Il convient donc de ne pas s'illusionner sur leur valeur théorique et pratique.

La notion d'analyse chimique toujours considérée avec beaucoup de respect en raison de l'auréole de mystère dont elle s'entoure, comme le souligne de façon humoristique A. Voisin, se révèle dans ces conditions inutile et dangereuse. Cependant, on est toujours enclin à s'appuyer sur son autorité, en raison de l'apparente précision qu'elle apporte.

Si l'analyse chimique ne permet pas d'atteindre les buts pratiques que l'on est en droit d'attendre de la recherche, il faut avant tout incriminer les méthodes générales de travail la mettant en œuvre.

Dans une large mesure, le biochimiste et le nutritionniste ont méconnu la complexité et l'aspect dynamique du problème qui leur était soumis et débordait le cadre de leurs compétences spécialisées.

En effet, la connaissance botanique de la végétation herbacée en A.O.F. étant loin d'être aussi avancée qu'en zone tempérée, on se heurte d'emblée à des difficultés nombreuses et variées.

L'analyse chimique des plantes fourragères, pour être significative, n'est concevable qu'au niveau de l'espèce. Il faut donc, avant tout, avoir recours à la systématique végétale.

Du point de vue biochimique, l'espèce ne devient caractéristique que lorsqu'on la considère en fonction de son environnement, c'est-à-dire en relation avec les conditions pédologiques et climatiques.

L'espèce, le sol et le climat étant définis, on se rend compte que l'échantillonnage des prélèvements à étudier n'est pas simple, si l'on veut donner des résultats analytiques utilisables d'une façon précise et générale. Il faut nécessairement situer les « individus » représentant l'espèce étudiée dans leur contexte floristique, sous peine de voir les observations perdre la plus grande partie de leur signification pratique.

De plus, la composition chimique de la matière vivante étudiée est essentiellement variable et la connaissance de l'amplitude de ses variations se révèle beaucoup plus importante que celle se rapportant à un stade de végétation unique et choisi arbitrairement.

Ces quelques remarques laissent apparaître la variété des difficultés s'offrant à l'expérimentateur auquel on soumet l'étude des plantes fourragères tropicales.

L'examen de la littérature nous a montré que l'étude biochimique des fourrages tropicaux ne nous a jusqu'à ce jour apporté que peu d'éléments utilisables. Cet échec tient essentiellement au fait que les analyses en général ont été pratiquées sur un matériel expérimental mal défini.

Pratiquement, il nous faut au sein d'une végétation naturelle apparemment complexe dans sa physionomie et dans ses conditions de milieu, déterminer des échantillons représentatifs sur lesquels nous puissions appliquer les techniques analytiques les plus diverses, tant botaniques que chimiques.

Ce problème d'échantillonnage est la clef de voûte de toutes les recherches à entreprendre à propos des herbages. Ces dernières ne pourront être menées à bien que lorsque des solutions satisfaisantes et adaptées aux besoins de l'expérimentation seront trouvées.

Il devient évident que l'action logique du biochimiste doit venir s'inscrire dans un plan de recherche coordonné, mettant en œuvre toutes les disciplines se rapportant aux facteurs qui régissent la croissance des végétaux.

Les travaux que nous menons depuis trois ans nous ont permis de vérifier expérimentalement l'intérêt des remarques que nous venons d'exposer.

L'analyse chimique d'échantillons parfaitement définis en fonction de la notion d'espèce et de milieu prend un sens et peut seule apporter des éléments nouveaux de première importance.

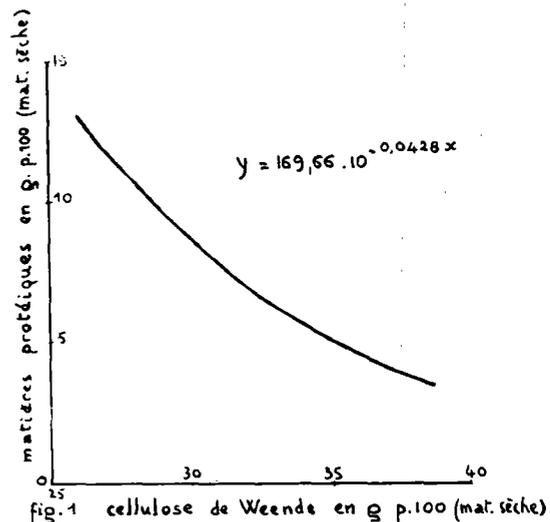
L'étude biochimique dynamique des espèces fourragères dans des conditions écologiques connues et mesurées nous a fourni une idée très exacte des variations des constituants chimiques des végétaux en fonction de leur croissance et du milieu.

Nous avons ainsi pu déterminer la loi de croissance ainsi que la loi du vieillissement en prenant comme critère de ce dernier la teneur en matières cellulosiques. Des corrélations précises ont pu être établies entre l'âge physiologique et les variations des principaux composants chimiques tels que l'azote et les éléments minéraux.

Ces lois et ces corrélations peuvent s'exprimer objectivement à l'aide de courbes facilement exploitables qui sont la traduction graphique de leur expression mathématique.

En illustration, nous avons figuré (fig. 1) la corrélation qui exprime les variations annuelles

du taux d'azote des graminées prélevées sur les terrains de parcours de la Station Agronomique de Bambey au cours de l'année 1956 (1).



On conçoit l'intérêt de courbes semblables, par lesquelles on peut exprimer les variations de tous les constituants chimiques des plantes fourragères. Elles donnent au technicien de l'élevage, des éléments analytiques précieux, directement exploitables pour caractériser la végétation comestible correspondant à des conditions écologiques définies.

Elles sont surtout intéressantes à considérer, pour évaluer la réserve alimentaire des herbages, ses variations saisonnières quantitatives et qualitatives.

Il est évident que pour cet usage, les courbes décrites n'ont de valeur que si elles peuvent s'appliquer à une végétation parfaitement définie et mesurée.

Nous voyons de nouveau apparaître la nécessité de l'association des recherches botaniques.

C'est en grande partie en raison de la dispersion des travaux relatifs aux herbages que l'étude biochimique des plantes fourragères n'a pu aboutir à des résultats facilement exploitables sur le plan pratique.

Certains auteurs ont même affirmé qu'il était inutile de perdre son temps avec une telle méthode de travail, sans faire de proposition plus efficace. Ce jugement relève d'une erreur fondamentale.

(1) Nous n'apportons pas de détails dans l'exposé de ce travail qui fera l'objet d'une communication ultérieure.

La connaissance biochimique des fourrages ne s'applique pas, comme l'ont cru ces auteurs, au rationnement précis des animaux à la manière métropolitaine, mais est destinée avant tout à pratiquer l'évaluation et l'exploitation rationnelle des herbages.

Une meilleure utilisation des ressources alimentaires par la constitution de réserves fourragères, le dosage et la rotation du bétail sur les herbages comme il est souvent préconisé, ne peuvent se concevoir qu'en apportant une méthode quantitative d'appréciation du stock alimentaire que représente la végétation.

En effet, sur quelles bases, d'après quels critères faut-il constituer des réserves et établir une rotation logique ? Ces mots n'ont aucune signification, s'ils ne sont pas définis dans le cadre d'une méthode fondée sur des arguments précis.

Le mot « réserve » ne peut s'entendre que si l'on connaît les besoins des animaux, la valeur des aliments à conserver et le rendement des herbages en matières comestibles.

Une rotation rationnelle du bétail sur les herbages ne peut être définie qu'en fonction de la connaissance de la valeur de la « réserve » alimentaire représentée par l'herbe et surtout de celle de ses variations en rapport avec le temps et l'exploitation par l'animal.

En zone tempérée, la connaissance parfaite que l'on a des rendements des plantes fourragères, ainsi que l'usage des standards et des tables d'alimentation, permet une utilisation logique et facile des aliments naturels.

C'est ce que souligne Blaxter en montrant que si les standards d'alimentation sont secondaires pour le rationnement individuel des animaux, ils deviennent ainsi que les tables d'une importance capitale pour l'établissement du plan d'exploitation d'une ferme d'élevage, c'est-à-dire pour l'évaluation des stocks et la prévision des réserves.

C'est dans ce même esprit « d'exploitation rationnelle du milieu » que nous entendons nous servir des résultats des recherches botaniques, biochimiques et physiologiques concernant la végétation.

Dans ce préambule nous avons surtout voulu mettre en relief le fait que les recherches biochimiques relatives à la composition des plantes fourragères spontanées ne peuvent atteindre leur pleine signification, qu'associées à l'évaluation qualitative et

quantitative de la végétation et à celle le plus exactement mesurée de sa consommation par l'animal.

L'étude quantitative de la végétation en place et absorbée par l'animal, est un des plus difficiles problèmes posés par l'élevage.

Les nombreux travaux entrepris dans le monde, témoignent de l'intérêt sans cesse croissant soulevé par cette question. Il nous a paru utile de passer en revue les principes généraux dont ils procèdent.

Nous avons extrait de la littérature consultée, les techniques les plus aptes à une application pratique en A.O.F., nous en avons fait un exposé rapide et la critique, à la lumière des résultats déjà acquis au cours de ces dernières années.

Les nouvelles méthodes décrites constituent déjà par leur présentation un guide pour le choix judicieux d'un plan de travail pouvant épargner de fastidieuses recherches bibliographiques aux utilisateurs éventuels.

Au moment où les pâturages, qu'on avait pu croire représenter dans le monde entier une source alimentaire inépuisable, s'amenuisent d'une manière spectaculaire, en raison à la fois de leur appauvrissement, de l'accroissement du cheptel et de l'évaluation plus précise qu'on en fait, ce travail contribuera à souligner l'intérêt que la conjoncture économique actuelle donne au problème de l'estimation méthodique des herbages, en même temps qu'il apportera une base documentaire de recherche.

I. — ÉTUDE QUALITATIVE DE LA VÉGÉTATION

L'étude quantitative de la végétation est d'autant plus difficile en A.O.F. que l'inventaire floristique est encore incomplet, que l'étude phytogéographique est à peine ébauchée et que la phytosociologie est encore peu utilisée.

Il est indispensable que le zootechnicien et le nutritionniste aient leur voie tracée par le botaniste et le phytosociologue. Les premiers sont les utilisateurs immédiats des travaux des seconds.

La connaissance de la valeur alimentaire des espèces n'est qu'un premier degré vers celle des associations et des formations végétales bien définies, ces dernières ayant seules une signification économique d'ensemble appréciable par tous.

En A.O.F., les études phytosociologiques et phytogéographiques ont principalement été développées en zone forestière, grâce aux travaux d'Aubreville, à ceux d'Emberger, Mangenot, Miège et Aubert, ainsi qu'à ceux de Schnell. Elles sortent en grande partie du cadre de nos préoccupations.

Venant se situer dans le cercle de nos investigations, les travaux de Trochain sont pour nous d'un grand intérêt. Dans son ouvrage sur la végétation du Sénégal, cet auteur nous montre la voie à suivre. L'étude réalisée définit le milieu de l'élevage au Sénégal en donnant une vue précise des conditions écologiques. C'est une base solide sur laquelle nous pouvons nous appuyer pour entreprendre des études de détail et à laquelle il est devenu classique de se référer.

Devant le manque de documentation concernant la végétation des zones pastorales, les travaux de recherche relatifs à son exploitation ne pourront avancer que lentement. Des résultats tangibles ne pourront être acquis qu'à la seule condition de concentrer les efforts et les moyens dont la recherche pourra disposer sur des régions limitées. Le regroupement des résultats dans de grands ensembles ne sera possible que plus tard.

Cependant, malgré l'insuffisance du nombre des travaux de détail permettant de réaliser des synthèses représentatives et précises de la végétation, nous pouvons, grâce à la notion de « type de végétation », avoir une vue descriptive et générale de celle-ci.

Cette notion, s'appuyant sur des appréciations purement physiologiques, s'avère, à l'heure actuelle, indispensable et est un instrument de travail utile en attendant plus de précision.

Grâce à elle, des nomenclatures et des classifications ont pu être proposées.

Les classifications de la végétation.

Les nomenclatures sont importantes et conditionnent le progrès des recherches connexes à la botanique, en permettant à tous les auteurs d'utiliser les mêmes désignations.

En l'absence de critères rigoureux et indiscutables elles se montrent difficiles à établir et l'accord sur la terminologie n'est pas simple.

Des classifications générales ou partielles ont été proposées par de nombreux auteurs en A.O.F. (Chevallier, Aubreville, Roberty, Trochain, Mangenot, Miège, Schnell, etc.) A la

faveur de rencontres internationales, ces classifications ont été revues et un accord est intervenu sur un certain nombre de définitions.

Trochain, en particulier, a proposé au Congrès de Stockholm en 1946, un projet général de « nomenclature et de classification des types de végétation en Afrique Noire Française ». Les critiques qu'il a suscité ont amené son auteur à proposer au colloque sur les régions écologiques du globe, qui a eu lieu à Paris en juillet 1954, une nouvelle nomenclature à laquelle, après discussion, des amendements ont été apportés.

Nous reproduisons cette nomenclature et ces amendements, car il est important, même pour le technicien de l'élevage ou le biochimiste, de se référer à des définitions précises employées par le plus grand nombre, sans chercher à introduire une nouvelle terminologie peut-être mieux adaptée aux besoins, mais ne pouvant que compliquer le problème et y apporter la confusion.

A. — Nomenclature et classification des milieux végétaux en Afrique Noire Française (1). (J.-L. TROCHAIN.)

I. — PLANTES HERBACÉES EXCLUSIVES OU DOMINANTES TOUT AU MOINS DURANT LA SAISON FAVORABLE :

1° *Peuplement d'hydrophytes et d'héliophytes en eau profonde* : prairie aquatique.

2° *Peuplement d'héliophytes sur sol marécageux* : prairie marécageuse.

3° *Peuplement de mésophytes et d'hydrophytes sous climat tempéré des hautes altitudes. Tapis plus ou moins épars* : prairie altimontaine.

4° *Peuplement paraissant physionomiquement ouvert mais pouvant être saisonnièrement saturé* :

a) de graminées xéromorphiques :

a') non ou faiblement cespitueuses formant un tapis clair et bas contenant quelques suffrutex, sous climat aride à longue saison sèche ;

a'') en touffes séparées, densément feuillées, à chaumes fertiles élevés aphyllés sous climat semi-aride des pays à courte mais sévère saison sèche. Alternance saisonnière de végétation ;

b) d'halophytes succulents et suffrutescents : *Pseudosteppe*.

(1) Nous n'avons reproduit que la partie comportant dans sa description une strate herbacée.

On pourra distinguer :

a') Pseudosteppe désertique.

a'') Pseudosteppe équatoriale (ou— et— subéquatoriale).

b) Pseudosteppe halophile (ou— et— succulente).

5° *Tapis graminéen xérophile, saisonnier, pauvre et bas, de la pseudosteppe désertique ci-dessus, d'où émergent quelques arbustes, généralement épineux, clairsemés* : Savane steppique.

6° *Peuplement, aux basses altitudes, d'espèces graminéennes et herbacées, mésomorphiques, avec, occasionnellement, sous-arbrisseaux, arbrisseaux et même petits arbres isolés épars* : Savane.

On pourra distinguer :

— Savane marécageuse,

— Savane inondable.

II. — ARBUSTES (MOINS DE 10 METRES DE HAUTEUR) DOMINANTS :

A. — Tapis graminéen mésophile bien développé mais parfois saisonnier.

7° *A basse altitude* : Savane arbustive.

On pourra distinguer :

— Savane arbustive riche :

Son faciès : peuplement arbustif dense et épineux pratiquement impénétrable : *Savane hallier*.

— Savane arbustive pauvre :

Son faciès : espèces herbacées et suffrutescentes encore abondantes entre des buissons épars. Généralement d'origine postculturale : *Savane garrigue*.

8° *A haute altitude, au-dessus de 2.500-3.000 m ; peuplement d'espèces sclérophylles et— ou— microphylles pouvant dominer une strate muscinale extraordinairement épaisse* : Fruticées altimontaines.

B. — Tapis graminéen réduit ou absent.

9° *Peuplement arbustif fermé (cimes jointives)* : Bush.

On pourra distinguer :

— Bush hygrophile.

— Bush mésophile.

— Bush xérophile.

III. — ARBRES (PLUS DE 10 M DE HAUTEUR) DOMINANTS :

A. — Tapis graminéen saisonnier important. Peuplement arborescent ouvert.

10° *Arbres caducifoliés généralement souffreteux, malvenants par suite du passage répété des feux sauvages* : Savane arborée.

Ses faciès : taillis arbustif réduit ou absent. Résulte des défrichements à buts cultureux au cours desquels quelques arbres sont respectés : *Savane verger*.

Peuplement de palmiers : *Palmeraie*.

Sous-bois formé de graminées arborescentes :

Bambousaie.

11° *Arbres caducifoliés nombreux, de plus grande taille et de plus bel aspect que dans la savane arborée ci-dessus* : Savane forestière.

B. — Tapis graminéen réduit ou absent. Peuplement arborescent fermé (cimes jointives) :

12° *Futaie inégalement mais longuement caducifoliée. Essences parfois grégaires, de tempérament mésophile. Taillis arbustif fréquemment réduit, caducifolié ou, au mieux, semi-persistant ; lianes absentes ; clairière, le plus souvent d'origine secondaire (feux sauvages) où peut se développer un tapis graminéen important. Forêts localisées aux climats subéquatoriaux à déficit de saturation relativement important au cours des saisons sèches* : Forêt claire.

Sous-type : forêt autrefois localisée aux lisières de la forêt dense (voir ci-dessous), et maintenant très dégradée, sinon disparue. Peuplement formé d'un mélange d'espèces ombrophiles et d'espèces mésophiles : *Forêt mélangée ombromésophile*.

Amendements proposés à la classification précédente par le colloque sur les régions écologiques du globe. Paris, juillet 1954.

Les paragraphes rappelés ci-après sont ceux du tableau synoptique précédent.

I. — PEUPELEMENT HERBACÉ PHYSIONOMIQUEMENT DOMINANT.

A. — *Prairie* :

— à basse altitude :

Prairie aquatique : cf. § 1.

Prairie marécageuse : cf. § 2.

— à haute altitude :

Prairie altimontaine : cf. § 3.

B. — *Steppe et Pseudosteppe*.

Ces deux grands types de végétation, physiologiquement semblables, se différencient par leur biologie (rythme saisonnier notamment).

Dans les pays intertropicaux, on distinguera : (cf. § 4) :

Pseudosteppe désertique : cf. 4 a'.

Pseudosteppe équatoriale ou subéquatoriale : cf. 4 a''.

Pseudosteppe halophile : cf. 4 b partim. et en plus :

Pseudosteppe succulente (à Cactacées, par exemple).

1° *Moins de 8 mètres de hauteur.*

A. — Savane arbustive : cf. § 7.

B. — Fruticées altimontaines : cf. § 8.

2° *Plus de 8 mètres de hauteur.*

A. — Savane arborée : cf. § 10. Parmi ses faciès, il faut ajouter : Palmeraie.

B. — Savane forestière : cf. § 11. Son tapis graminéen est celui des savanes contiguës.

III. — PEUPEMENT LIGNEUX PHYSIONOMIQUEMENT DOMINANT ET FERMÉ (CIMES JOINTIVES).

1° *Moins de 8 mètres de hauteur.*



Fig. 2. Forêt claire

Woodland

Pseudosteppe altimontaine (se différencie de la prairie altimontaine, particulièrement du Nouveau Monde, par son aspect ouvert, dans les montagnes sèches, ou physiologiquement sèches).

Pseudosteppe boisée (ou à épineux, ou armée) des pays arides (remplace la savane steppique du § 5).

C. — *Savane* : cf. sa définition § 6.

On y distinguera :

Savane steppique quand il s'agit d'une mosaïque de pseudosteppe et de savane, ou d'un mélange de leurs espèces constitutives.

II. — PEUPEMENT LIGNEUX PHYSIONOMIQUEMENT DOMINANT ET OUVERT (CIMES NON JOINTIVES).

A. — Bush (ou scrub) puisque l'accord n'a pas pu être réalisé sur un mot français.

Sa dégradation amène aux savanes arbustives.

2° *Plus de 8 mètres de hauteur.*

A. — Forêt claire : cf. § 12.

Les essences ligneuses constitutives sont de tempérament mésophile.

Son tapis graminéen, s'il existe, est constitué d'espèces particulières qui ne sont pas celles des savanes ou des pseudosteppes voisines.

Sa dégradation amène aux savanes boisées (savane arborée ou savane forestière).

B. — Classification des spécialistes du Conseil Scientifique pour l'Afrique au Sud du Sahara en matière de phytogéographie.

Les spécialistes du C.S.A. en matière de phytogéographie, réunis du 28 juillet au 8 août 1956, ont proposé le système descriptif de la végétation suivant, qui, par sa précision et sa simplicité, est appelé à servir de référence (1).

Formations mixtes forestières et graminéennes et formations graminéennes.

A. — FORÊT CLAIRE.

Forêt ouverte, strate arborescente décidue de taille petite ou moyenne dont les cimes sont plus ou moins jointives, l'ensemble du couvert demeurant clair; strate graminéenne parfois peu dense ou en mélange avec une autre végétation herbacée et suffrutescente.

a) Savane boisée.

Arbres et arbustes formant un couvert généralement clair.

Ex. Savane boisée à *Acacia sieberiana* (A. nefasia). (Lebrun, Expl. Parc Nat. Albert 1^{er}, 1947).

b) Savane arborée.

Arbres et arbustes disséminés.

Ex. Savane arborée à *Cussonia angolensis* (Ass. à *Andropogon gabonensis* et *Nephrolepis cordifolia* surmontée d'un étage de *Cussonia angolensis*. (Devred, Carte des Sols et de la Végétation 2. M'Vuazi public. I.N.E.A.C., 1954).

c) Savane arbustive.

Ex. Savane arbustive à *Hymenocardia acida* Auct.

d) Savane herbeuse.

Arbres et arbustes ordinairement absents.
Ex. Savane herbeuse à *Pennisetum purpureum*,

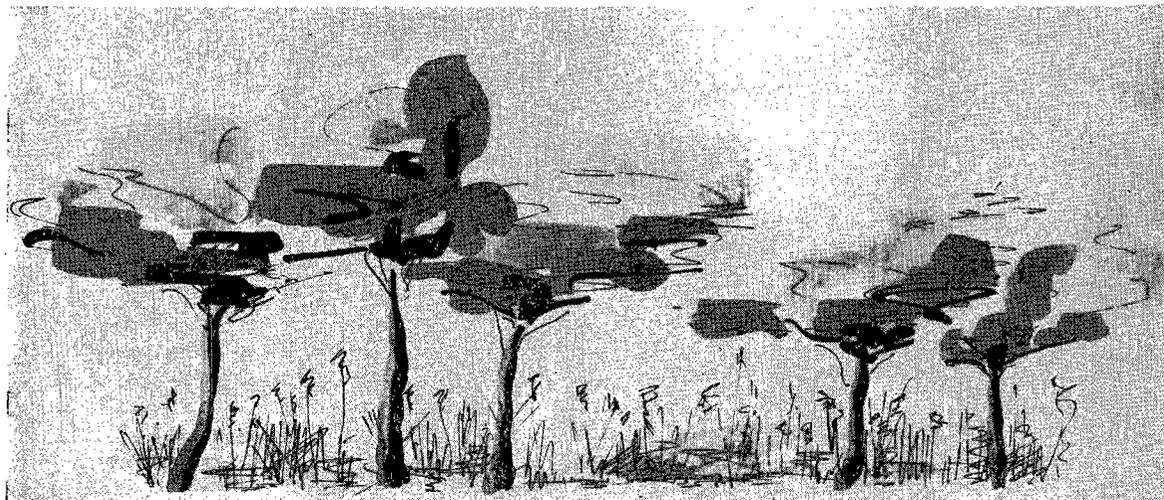


Fig. 3. Savane boisée

Savanna Woodland

B. — SAVANE.

Formation herbeuse comportant une strate herbacée supérieure continue d'au moins 80 cm de hauteur, qui influence une strate inférieure; graminées à feuilles planes, basilaires et caulinaires; ordinairement brûlées annuellement; plantes ligneuses ordinairement présentes.

Savane herbeuse à *Themeda triandra* Auct.

C. — STEPPE.

Formations herbeuses ouvertes, parfois mêlées de plantes ligneuses; généralement non parcourues par les feux. Graminées vivaces largement espacées, n'atteignant généralement pas 80 cm, à feuilles étroites, enroulées ou pliées, principalement basilaires. Plantes annuelles souvent abondantes entre les plantes vivaces.

a) Steppe arborée et/ou arbustive.

(1) Nous n'avons reproduit que la partie comportant dans sa description une strate herbacée.

Petits arbres, arbustes, arbrisseaux présents.
 Ex. Steppe à *Acacia radiana* (Trochain in la
 Végétation du Sénégal, 1940).
 Steppe à *Acacia Senegal*.

b) *Steppe buissonnante*.

Sous-arbrisseaux dominants (arbrisseaux éven-
 tuellement présents).

c) *Steppe succulente*.

Plantes succulentes largement représentées.

Ex. Type n° 31 de la carte d'Acocks, 1951.

d) *Steppe herbacée et/ou graminéenne*.

Arbres et arbustes pratiquement absents.

Ex. Steppe à *Chrysopogon Aucheri* (Edwards
 in Journ. Ecol. 28, t. 21, photo 4, 1940).

et *Lobelia Mildbraedii* (Lebrun, in la Veg. de
 Nyiragongo p. 56, pl. 25, 1952).

C. — Classification des herbages.

Nous devons signaler la classification des
 herbages proposée par H. Jacques-Félix en
 fonction des facteurs déterminants du milieu.

En raison de l'insuffisance des données éco-
 logiques dont on peut disposer à l'heure actuelle,
 ce travail présente un caractère général et didac-
 tique convenant à l'exposé schématique voulu
 par l'auteur.

Ce dernier classe les herbages d'A.O.F. de
 la manière suivante en tenant compte des facteurs
 écologiques dominants.

I. — Les herbages anthropiques.



Fig. 4. Savane arborée

Tree Savanna

D. — PRAIRIE.

a) *Prairie aquatique*.

Ex. Prairie à *Echinochloa pyramidalis* (Leonard
 in Vegetation III, 1952, p. 287, photo 4).

b) *Prairie marécageuse*.

Ex. Prairie à *Cyperus papyrus* et *Cyclosorus*
 (*Dryopteris*) *gongyloides* (Germain, Veg. de la
 plaine de la Ruzizi, 1952).

c) *Prairie altimontaine*.

Ex. Prairie à *Festuca abyssinica* (Maitland,
 in Kew Bull. 1952). Prairie à *Agrostis isopholis*

A. — Les herbages sub-équatoriaux et
 post-forestiers.

B. — Les herbages tropicaux de sous-
 bois et de clairières.

II. — Les herbages climatiques.

A. — Les herbages steppiques de la zone
 sahélienne.

B. — Les prairies pseudo-alpines.

III. — Les herbages édaphiques.

A. — Les herbages sur sables et latérites.

B. — Les herbages hydrophiles.

II. — ÉTUDE QUANTITATIVE DE LA VÉGÉTATION

A. — Recherche d'unités d'étude biologiquement significatives.

Le tapis végétal qui s'offre à la dent de l'animal est particulièrement complexe par sa diversité, et son étude est d'emblée difficile, si l'on veut la conduire jusqu'à la connaissance de sa valeur alimentaire.

L'écueil essentiel contre lequel on vient constamment buter est celui de l'échantillonnage du matériel expérimental. En effet, sur quels éléments de la végétation faire porter les

lement dans le détail et considérer isolément. De vastes zones d'herbages se présentent à nous, s'étendant sur des centaines de kilomètres carrés.

Dans ces conditions, aucune des méthodes classiques de recherche n'est directement utilisable.

La première nécessité qui s'impose, est de définir avec le plus de précision possible des unités représentatives d'étude.

Il est en effet indispensable de ramener les données du problème à une échelle accessible à nos moyens d'investigation, en les scindant en éléments simples, sans toutefois les modifier.



Fig. 5. Savane arbustive

Shrub Savanna

recherches de tous ordres pour que leurs résultats soient vraiment représentatifs de vastes ensembles floristiques ?

En zone tempérée, on est généralement en présence de pâturages matériellement limités, couvrant des surfaces relativement réduites, et portant une végétation bien connue. Dans ces conditions, l'emploi de techniques d'investi-

En d'autres termes, quels critères doit-on prendre pour choisir dans les herbages ces éléments simples, de superficie réduite, faciles à examiner et cependant représentatifs de vastes étendues ?

Les divisions généralement utilisées sont pour la plupart fondées sur des notions écologiques simplifiées ou géographiques.



Fig. 6. Savane herbeuse

Grass Savanna

gation depuis longtemps éprouvées donne des résultats satisfaisants pour les buts d'exploitation que l'on s'est fixé.

En A.O.F., il ne s'agit plus de faire l'étude de surfaces réduites, que l'on peut examiner faci-

Elles ne sont pour nous d'aucun intérêt analytique, car elles délimitent des ensembles floristiques encore trop complexes, définis par des éléments d'observation nombreux, difficiles à relier. Elles ne sont utilisables que pour

reclasser des résultats analytiques dans un cadre synthétique compréhensible, ou pour avoir une vue d'ensemble de la végétation, préliminaire aux recherches de détail.

Les végétaux, constituant réellement l'élément moteur de l'évolution du milieu de l'élevage, c'est à eux qu'il faut s'adresser si nous voulons avoir la compréhension la plus directe des herbages.

Nous pensons que la classification de ces derniers la plus logique doit essentiellement reposer sur des caractéristiques floristiques,

nous arrivons plus facilement que par toute autre méthode, à surmonter les difficultés relatives à la classification et à l'échantillonnage de la végétation.

« L'objectif principal de la phytosociologie est la reconnaissance, la description, l'inventaire, la comparaison, puis la recherche de la causalité des associations végétales. » (M. Guinochet.)

Les travaux de M. Guinochet sont particulièrement intéressants à considérer, en ce sens « qu'ils placent la phytosociologie sur un



Fig. 7. Steppe arborée et/ou arbustive

Tree and/or shrub steppe

les données écologiques et géographiques ne devant intervenir qu'à titre d'informations complémentaires indispensables.

Cette base de classification est de plus largement utilisable, tant par le botaniste et le pédologue, que par l'écologiste et le nutritionniste ; c'est là son principal avantage.

terrain purement descriptif et rejettent à l'arrière-plan toute préoccupation de causalité et de déterminisme ». De plus, ils démontrent que l'étude des associations végétales peut « voir son centre d'intérêt déplacé de la géographie vers la biologie en s'intégrant dans la biosystématique. »

Vue sous cet angle particulier, la phytoso-



Fig. 8. Steppe succulente

Succulent steppe

La notion d'association végétale évident pour tout observateur, peut être directement exploitée par toutes les disciplines que la recherche pastorale met en jeu.

Par le truchement de la phytosociologie,

ciologie nous apporte sans l'intervention d'autres disciplines, le moyen de résoudre nos difficultés d'échantillonnage, en faisant apparaître un ordre logique et mesurable dans la distribution des végétaux, pouvant servir à déterminer avec précision des unités d'étude.

Le mérite de M. Guinochet est de s'imposer constamment le rigoureux contrôle des mathématiques, car il donne à la phytosociologie des fondements essentiellement statistiques qui en font un instrument de recherche particulièrement bien adapté à la nature probabiliste de nos travaux.

La notion d'espèce s'impose à tous et relève de l'observation la plus directe. Celle d'association végétale, toute aussi évidente, est plus délicate à définir.

Nous pouvons cependant, en faisant intervenir des données moins immédiates que celles

De plus, le caractère probabiliste donné aux recherches dérouté certains, peu habitués à envisager ces dernières sous l'angle statistique.

Ce ne sont pas les méthodes qui doivent être mises en cause, mais la manière d'envisager les problèmes, c'est-à-dire de raisonner à leur propos.

Nous pensons qu'aborder l'étude de la végétation à l'aide des techniques phytosociologiques est la seule façon logique permettant de répondre aux besoins multiples de la recherche pastorale.

Elle offre assez de souplesse et de précision, pour s'adapter aux exigences de techniques

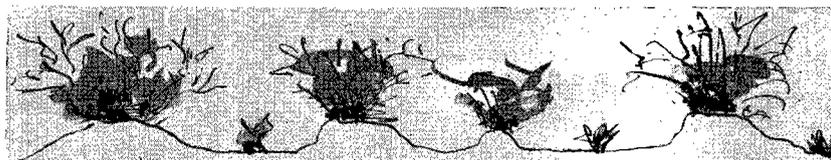


Fig. 9. Steppe buissonnante

Dwarf shrub steppe

servant à préciser l'espèce, délimiter des unités floristiques répondant à une notion abstraite aussi valable que celle de spécificité.

Ces ensembles sont mathématiquement définis comme des « êtres » ayant en quelque sorte leur logique propre et par conséquent, sur lesquels nous pouvons raisonner. Il devient alors possible de se livrer commodément à leur étude en leur appliquant les techniques de recherche les plus diverses comme celles de la physiologie, de la biochimie et de l'agronomie.

aussi variées que celles du biochimiste, de l'écologiste et du zootechnicien.

Elle permet à partir de l'élément végétal le plus simple, l'individu, de définir avec exactitude des groupements floristiques de plus en plus complexes. Les autres méthodes essentiellement physiologiques définissent d'abord de grands ensembles, découpés secondairement de façon plus ou moins arbitraire en éléments, difficilement exploitables sur le plan de la recherche.



Fig. 10. Steppe herbacée et/ou graminéenne

Grass and/or herb steppe

C'est comprise dans ce sens très précis que la phytosociologie nous apporte une aide particulièrement efficace.

Les critiques généralement soulevées à propos de l'application de la phytosociologie à l'étude des pâturages, reprochent à cette méthode de travail sa complexité. Nous pensons que cette dernière n'est qu'apparente, car les techniques mises en jeu sont encore mal connues et appréciées. Il nous manque surtout des spécialistes confirmés, capables de les mettre en œuvre et de les adapter à nos besoins.

1^o LES NIVEAUX D'ÉTUDE DU PEUPEMENT VÉGÉTAL.

Quels sont les divers niveaux d'étude du peuplement végétal, comment peut-on les définir pour les utiliser à des fins expérimentales et pratiques ?

Nous ne pouvons mieux faire que de citer à nouveau M. Guinochet qui schématise la hiérarchie des groupements floristiques en distinguant :

1^o « Des ensembles organisés de gènes ou génotypes ou *individus*. »

2° « Des ensembles de génotypes ou individus, peu différents et pouvant librement échanger des gènes ou *populations*. »

3° « Des ensembles de populations se ressemblant plus entre elles, qu'elles ne ressemblent aux autres et non isolées sexuellement ou *espèces*. »

4° « Des ensembles organisés de populations distinctes ne pouvant échanger des gènes, mais en relation mutuelle de compétition, de tolérance ou de coopération au sein et en partie par l'intermédiaire d'une combinaison définie de facteurs physiques et biologiques : ce sont les *individus d'association*. »

5° « Des ensembles « d'individus d'association » se ressemblant plus entre eux qu'ils ne ressemblent aux autres, pouvant plus ou moins échanger des génotypes ; ce sont les *associations*. »

tout d'abord pour déterminer les aspects physiologiques de la végétation, ensuite pour procéder à l'inventaire botanique général. Ce travail préliminaire qualitatif permet d'avoir une vue d'ensemble qui facilite les investigations ultérieures.

Il appartient alors à la phytosociologie de préciser la répartition des espèces et de déterminer les groupements floristiques qui constituent pour l'écologiste, comme pour le technicien de l'alimentation, des unités d'étude valables.

Nous nous contenterons, dans les limites de cet exposé, de donner un aperçu très sommaire des méthodes phytosociologiques, uniquement dans le but d'en montrer le mécanisme et les avantages que l'on peut en retirer pour l'étude des herbages, principalement pour l'échantillonnage de la végétation.

LES NIVEAUX D'ÉTUDE DU PEUPEMENT VÉGÉTAL

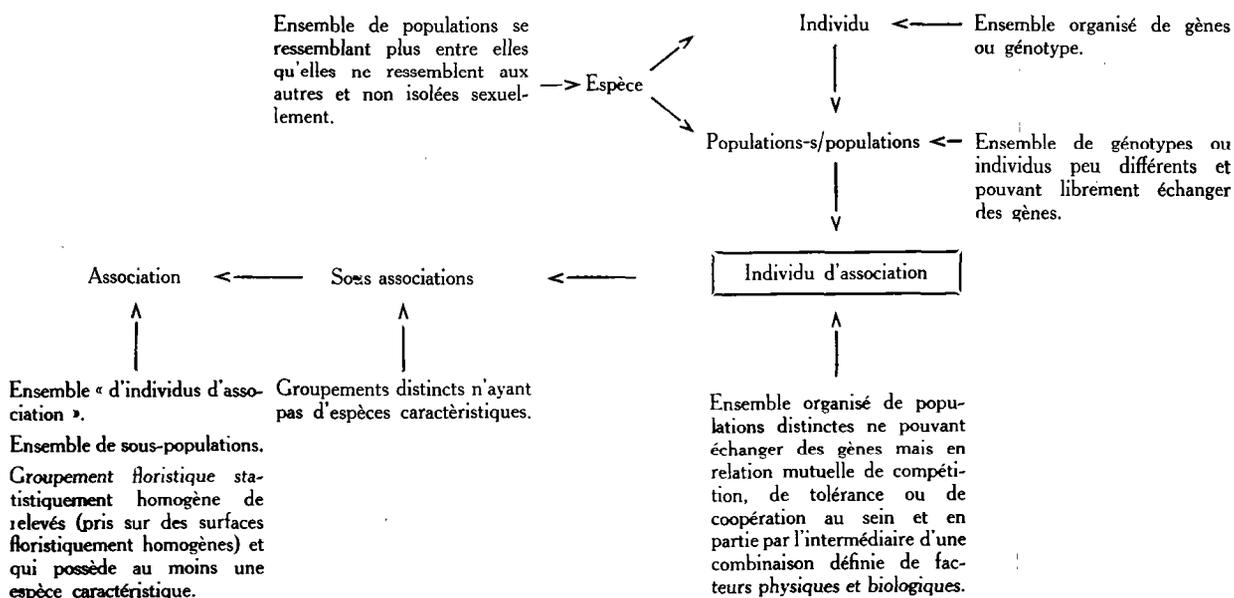


Tableau I.

Nous voyons ainsi se dégager de vastes et complexes ensembles floristiques, des unités d'étude non arbitraires pourvues d'une signification biologique réelle.

Le problème pratique qui se pose est de définir ces unités sur le terrain.

2° LA MÉTHODE PHYTOSOCIOLOGIQUE. SON UTILITÉ.

Pratiquement, l'étude d'une région donnée doit commencer par une prospection générale,

L'étude phytosociologique d'un type de végétation donné comprend schématiquement la suite des opérations suivantes :

- a) Constitution des relevés floristiques.
- b) Mise en évidence des groupements floristiques.
- c) Détermination de la fidélité des espèces aux groupements.
- d) Classification hiérarchique des groupements.

e) Détermination de l'abondance de la dominance et de la sociabilité des espèces.

a) *La constitution des relevés floristiques.*

Le premier travail qui s'impose est de relever sur le terrain, des listes des espèces observées servant à définir statistiquement les groupements floristiques dont elles font partie.

Ces relevés doivent répondre à deux conditions essentielles :

Tout d'abord être effectués le plus objectivement possible, c'est-à-dire sans choix conscient ou inconscient.

Ensuite, être réalisés sur des surfaces floristiquement homogènes.

Ces dernières peuvent être schématiquement définies comme des surfaces équivalentes, portant un nombre à peu près constant d'espèces.

On les détermine pratiquement, en portant sur un graphique en abscisse des surfaces de plus en plus grandes et en ordonnée le nombre des espèces rencontrées sur ces surfaces. On obtient généralement une courbe ascendante présentant une inflexion en forme de palier (voir fig. 11) ; les coordonnées de ce dernier définissent une aire minimum et une aire maximum entre les limites desquelles on a le plus de chances de trouver les espèces représentatives du groupement étudié.

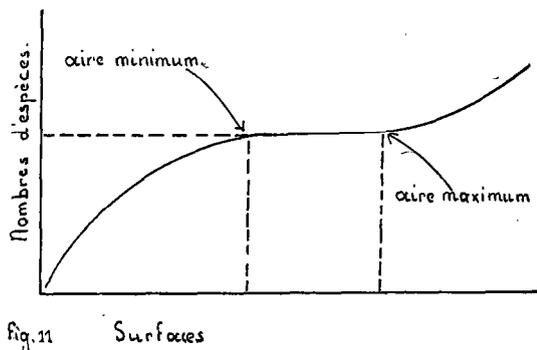


FIG. 11.

Aspect théorique de la courbe expérimentale donnant le nombre des espèces en fonction des surfaces observées.

b) *Mise en évidence des groupements floristiques.*

La comparaison des relevés montre qu'il existe entre eux des ressemblances. L'étude de ces ressemblances peut permettre de caractériser des groupements distincts.

Dans la pratique, les observations sont rassemblées sur des tableaux facilitant le travail de comparaison et d'interprétation.

La mise en évidence des groupements peut se faire alors à l'aide de méthodes comparatives précises comme celle de l'analyse différentielle de Czekanowski.

Cette méthode simple mais laborieuse permet de mettre en évidence une classification théoriquement unique faisant apparaître des groupes de relevés présentant des caractéristiques communes.

On constate dans chaque groupe que les espèces ne sont pas *présentes* dans les relevés avec la même fréquence. L'étude de la distribution de ces fréquences est particulièrement intéressante.

Guinochet (1954) a montré « que tous les histogrammes de « présence » des groupements correctement établis indiquent une loi de distribution des fréquences des espèces dans ceux-ci bien définie ».

Il a démontré que cette loi exposée plus loin à propos de l'étude des distributions de fréquence des espèces correspond au type 1 de l'équation généralisée des probabilités de K. Pearson. « Elle fournit un moyen de s'assurer objectivement, et d'une manière chiffrée, de l'homogénéité des tableaux. »

C'est un moyen de contrôle de l'utilisation des relevés particulièrement important et précis.

c) *Détermination de la fidélité des espèces aux groupements.*

L'expérience montre que les espèces ne sont pas présentes avec une constance égale dans différents groupements. Certaines espèces sont dites *caractéristiques* en raison de leur fréquence nettement supérieure à celle des autres appelées *compagnes*.

Pour s'assurer qu'une espèce est significativement plus fréquente dans un groupe que dans un autre, M. Guinochet propose, en attendant mieux, l'utilisation du test statistique « t » utilisé pour la comparaison des moyennes.

d) *Classification hiérarchique des groupements :*

La suite des opérations précitées conduit à la mise en évidence de groupements, dont le plus caractéristique est l'association que l'on peut définir « comme un groupement floristique, statistiquement homogène ». La comparaison des associations entre elles fait ressortir des traits communs qui permettent de mettre en évidence des ensembles hiérarchisés : les alliances, les ordres et les classes.

e) *Détermination de l'abondance, de la dominance et de la sociabilité.*

Ce chapitre est pour nous très important. Il va nous fournir des éléments de base pour l'appréciation quantitative des herbages.

La phytosociologie nous ayant défini avec précision des unités d'étude à la portée de nos moyens d'investigation, notre tâche est maintenant d'apprécier quantitativement la végétation qu'elles représentent.

L'unité de travail la plus commode pratiquement est « l'individu d'association ». Les espèces y sont représentées par un nombre plus ou moins grand d'individus (abondance).

Ces derniers sont enfin répartis de façon variable, les uns sont régulièrement espacés, les autres rassemblés par groupes plus ou moins importants (sociabilité).

C'est l'examen des méthodes quantitatives d'étude de ces divers points qui va surtout retenir notre attention dans la dernière partie de notre exposé.

B. — L'échantillonnage.

Les travaux nécessaires pour réaliser l'étude des herbages mettent en œuvre des techniques expérimentales ne pouvant se réaliser économiquement que sur de petits échantillons. C'est le cas de l'analyse botanique et de l'analyse chimique par exemple.

Nous sommes pratiquement en face de grands ensembles floristiques physionomiquement distincts d'une part, et d'individus définis par la notion d'espèce constituant l'élément le plus simple et le plus accessible de ces ensembles d'autre part.

Le problème qui se pose n'est pas simple : il s'agit de rassembler des collections d'individus ou échantillons permettant de réaliser des estimations portant sur des caractéristiques précises et variées, valables pour des ensembles floristiques définis.

Ce résultat ne peut être atteint d'emblée par une méthode simple. Il faut nécessairement scinder le problème en plusieurs parties.

Il faut tout d'abord fixer le niveau d'étude à la hauteur duquel nous voulons intervenir, c'est-à-dire procéder au découpage de l'ensemble à étudier et choisir l'élément le plus représentatif de dimensions convenables, le mieux adapté à nos besoins expérimentaux.

Ensuite il convient de déterminer les méthodes les plus valables pour réaliser l'étude de l'unité choisie.

CHOIX DES UNITÉS D'ÉTUDE.

Nous avons exposé comment la phytosociologie nous fournissait le moyen de définir statistiquement des groupements floristiques.

C'est là un progrès notable ouvrant des perspectives nouvelles pour la recherche pastorale et ses applications.

Le résultat des recherches menées sur des éléments de petites dimensions, mais ayant une réelle signification biologique, doit nous permettre d'atteindre par le détail, la compréhension de plus vastes ensembles floristiques.

D'après les travaux de M. Guinochet, nous avons représenté schématiquement sur le tableau (I) la répartition des niveaux d'étude du peuplement végétal.

L'unité la plus commode et la plus accessible est « l'individu d'association » que Guinochet définit comme un « ensemble organisé de populations distinctes, ne pouvant échanger des gènes mais en relation mutuelle de compétition, de tolérance ou de coopération au sein et en partie par l'intermédiaire d'une combinaison définie de facteurs physiques et biologiques ».

« L'individu d'association » est un instrument de travail particulièrement utile, parce que non seulement il est parfaitement caractérisé d'une manière objective, mais aussi parce que sa définition fait intervenir la notion de milieu et qu'il est en quelque sorte l'expression de conditions écologiques précises. Ceci simplifie considérablement le problème de l'échantillonnage, en mettant à notre disposition une unité d'étude indiscutable, faisant intervenir sans qu'il soit besoin de l'exprimer, l'action du milieu.

Le groupement que nous venons de définir est encore trop complexe pour que l'on puisse envisager globalement son étude.

L'agronome, le biochimiste et le nutritionniste ont besoin pour préciser ses caractéristiques de s'adresser à des éléments plus simples, accessibles à leurs techniques de travail. Un nouveau problème d'échantillonnage se pose donc à une échelle plus petite.

Au sein de « l'individu d'association » l'unité d'échantillonnage à laquelle on s'adresse maintenant logiquement est « l'individu » défini par la notion d'espèce.

Il constitue l'élément le plus représentatif et le plus directement accessible à tous. C'est à lui que l'on a recours dans toutes les recherches de détail.

L'échantillonnage en effet se révèle, pour de nombreux travaux, difficilement praticable ou impossible si on ne fait pas intervenir la notion de spécificité. C'est le cas par exemple de la détermination de la composition chimique et de la valeur alimentaire des fourrages.

De plus, l'espèce répond à un concept précis représentant un des degrés de la hiérarchie que nous avons pris comme base de travail.

La notion d'espèce se dégage de l'ensemble des caractères distinctifs communs à un grand nombre d'individus très ressemblants. Ces individus ainsi définis s'observent rassemblés en populations s'organisant au sein de groupements de plus en plus complexes dont le plus simple est l'individu d'association (voir tableau I).

Nous voyons intervenir ici trois éléments étroitement liés : *l'individu*, *la population* et *l'espèce*. Ce sont eux qui vont servir de base à l'exécution de notre ultime échantillonnage.

La population apparaît comme essentielle, parce que d'une part, elle est l'unité constitutive de « l'individu d'association », et que d'autre part l'ensemble des caractères communs présentés par les individus qui la composent sert à définir l'espèce. C'est à son niveau en définitive que s'effectue l'échantillonnage expérimental.

2^o DÉTERMINATION DES MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE.

Les mesures que nous devons effectuer ne peuvent concerner qu'un nombre très limité d'individus. Par exemple pour *Eragrostis tremula* au stade de maturité en zone soudanienne, 100 individus pèsent 200 grammes environ, et les prises d'essai utilisées pour les analyses biochimiques sont de l'ordre de quelques grammes.

La question qui se pose alors est de savoir dans quelles conditions il faut effectuer les prélèvements dans une population pour qu'ils soient représentatifs de cette dernière ?

Il existe des moyens pratiques d'échantillonnage qui retiendront notre attention dans les chapitres suivants.

Pour un caractère mesuré donné, tous les individus rassemblés dans un échantillon ne sont pas exactement semblables. Les échantillons prélevés au sein d'une même population ne sont ni identiques entre eux, ni identiques à la moyenne générale de la population. On observe un écart entre les valeurs individuelles et les valeurs moyennes des échantillons.

De toute manière, les données fournies par les échantillons ne pourront jamais être exactement superposables à celles réelles de la population.

Nous ne pourrions donc réaliser que des estimations, mais ces dernières sont très suffisantes pour être utilisables si l'on connaît leur degré de précision.

Là est le but essentiel de l'échantillonnage : réaliser des estimations avec un degré de précision connu.

De nouveau les méthodes statistiques nous fournissent le seul moyen efficace que nous puissions songer à utiliser. Elles permettent d'évaluer « l'erreur d'échantillonnage » et de fixer les normes des prélèvements de manière à réduire cette erreur au minimum compatible avec la précision désirée.

L'avantage de telles méthodes est qu'elles imposent à la recherche un contrôle rigoureux.

Si comme il est classique de le dire le calcul statistique ne peut rien ajouter aux résultats expérimentaux, il permet en tous cas d'interpréter ces derniers avec certitude et de déterminer des techniques de travail dont la précision peut être ajustée aux besoins et aux moyens de l'expérimentateur.

Ceci est particulièrement important pour les recherches concernant la végétation mettant en œuvre des techniques onéreuses, et ne pouvant aboutir à des résultats appréciables qu'après plusieurs années de travail. Il convient dans ces conditions d'avoir un plan de recherche particulièrement bien étudié, parfaitement ajusté aux buts à atteindre.

L'exposé théorique des méthodes statistiques d'échantillonnage, ainsi que l'application de ces dernières à nos problèmes dépasse le cadre de cet article. Il pourrait faire à lui seul l'objet d'une étude particulière.

Chaque recherche présente des caractéristiques originales. Il est donc impossible de donner des règles précises pouvant s'appliquer à tous les cas. Chacun devra faire l'objet d'une mise au point particulière en ce qui concerne la méthode de récolte des échantillons, compte tenu des éléments qui lui sont propres.

Les méthodes de mesure de la végétation que nous allons passer en revue ont été établies en respectant les exigences nombreuses que demande la constitution d'échantillons représentatifs. A propos de chacune d'elles nous ferons les remarques qui s'imposent.

Grâce à la définition d'unités de travail et à la mise au point de méthodes d'échantillonnage rigoureuses, nous pouvons espérer faire sortir la recherche pastorale du cadre trop étroit de la station expérimentale.

De plus, les observations ainsi recueillies permettent de déduire des notions à la fois précises et générales, pouvant trouver une large application pratique, alors que la plupart des méthodes en usage donnent des résultats expérimentaux valables seulement pour les conditions étroites et souvent artificielles dans lesquelles elles ont été établies.

3^o LES MOYENS PRATIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE.

Les moyens pratiques d'échantillonnage se ramènent à des éléments géométriques simples :

- a) des surfaces,
- b) des lignes,
- c) des points.

a) Les surfaces les plus variées ont été utilisées, le carré, le cercle, l'ellipse.

Pratiquement, ces surfaces servent à découper avec une plus ou moins grande précision des « morceaux de végétation ». La précision obtenue dans le découpage est surtout fonction de la délimitation exacte pouvant être faite entre les plantes appartenant à l'aire mesurée et celles situées à l'extérieur. Cette discrimination n'est pas aussi simple que l'on peut le penser.

Pratiquement, il est possible de diminuer l'erreur introduite en choisissant des formes géométriques dont le rapport périmètre-surface est le plus petit possible.

Dans ces conditions, le cercle est le plus favorable. On peut encore réduire ce rapport en agrandissant la surface, mais les difficultés expérimentales étant proportionnelles à cette dernière, il devient nécessaire de faire un choix équilibré en tenant compte de sa forme, de ses dimensions, ainsi que de la végétation à étudier.

Certains auteurs préfèrent le quadrilatère au cercle car, comme l'a montré Davies, les agrégats de plantes de la même espèce ont généralement une forme circulaire. Un carré ou un rectangle permettent théoriquement de rassembler un nombre plus grand d'espèces.

Les surfaces expérimentales sont soit permanentes, soit temporaires.

Dans le premier cas, des examens sont effectués périodiquement sur les mêmes lieux qu'il convient de repérer exactement.

Elles ont des dimensions très variables allant de quelques centimètres carrés à quelques mètres carrés, une aire de grande dimension pouvant définir des aires secondaires plus petites.

Les surfaces permanentes sont quelquefois protégées de certaines actions du milieu.

A ce propos, il convient de les différencier des enclos qui ne sont pas utilisés dans un but de mesure, mais uniquement pour protéger de certaines actions biotiques que l'on veut éliminer de zones généralement de grandes dimensions.

Pratiquement, les surfaces d'échantillonnage sont matérialisées à l'aide de cadres ou de grilles, construits avec des matériaux les plus divers. On peut dire qu'il en existe autant que d'expérimentateurs.

Ces instruments doivent posséder avant tout les qualités suivantes : être légers, faciles à manier et permettre de définir avec le plus de précision possible les limites de la végétation à mesurer.

Les unités d'observation sont aussi dessinées directement sur le sol à l'aide d'instruments variés, dont le plus simple et le plus commode est le compas.

b) La ligne est une unité d'échantillonnage d'usage courant. On se sert en réalité d'un segment de droite, matérialisé sur le terrain par des procédés divers que nous étudierons plus loin.

Ce segment permet de définir directement un échantillon en considérant par exemple les « individus » dont il coupe l'aire de base. Il peut encore servir d'axe, le long duquel il est possible de distribuer de façons diverses des unités d'échantillonnage variées.

c) Le point est considéré par certains expérimentateurs comme la « surface » la plus petite pouvant servir à l'échantillonnage. Des procédés nombreux servent à le définir.

Ces trois unités de travail (surface, ligne et point) sont les instruments essentiels de la plupart des méthodes d'analyse botanique dont nous allons aborder l'étude.

C. — L'analyse botanique appliquée à l'étude des herbages.

1^o LES CRITÈRE DE L'ANALYSE.

L'analyse botanique permet de déterminer la composition floristique qualitative et quantitative d'une aire de végétation ou d'un groupement végétal donné.

Les très nombreuses méthodes utilisées dans les cinquante dernières années pour l'étude des herbages et des pâturages ont des buts pratiques divers, requièrent une précision variable et s'appuient sur des critères différents.

Des exposés généraux de ces méthodes ont été faits par Davies (1931), Davies et Trumble (1934), Ahlgren (1947), Hedin et Lefebvre (1951), Brown (1954).

Des critères d'analyse au nombre de quatre seulement permettent de mettre en évidence les traits communs de toutes ces méthodes et de les classer simplement.

Ce sont : la fréquence, le nombre, la surface et le poids.

2^o LA FRÉQUENCE.

a) Définition.

Avec le souci d'avoir une idée plus exacte de la répartition des espèces, les botanistes ont tout d'abord effectué des relevés floristiques sur lesquels chaque plante est affectée d'une appréciation relative à sa présence commune ou à sa rareté. Cette appréciation est donnée à l'aide d'une échelle numérique simple ou d'un code particulier.

Cette méthode, entièrement subjective, n'est que peu fidèle. Les résultats obtenus ne sont pas reproductibles par plusieurs expérimentateurs. Elle est de plus fortement influencée par l'abondance, la dominance et la sociabilité.

Pour remédier à ces graves imperfections, quelques auteurs au début de ce siècle se sont attachés à mettre au point des méthodes plus précises. Par exemple, P. Jaccard en 1901 a défini un coefficient de communauté.

Raunkiaer le premier, a introduit la notion de « fréquence » indiquant le nombre d'unités d'échantillonnage dans lesquelles une espèce est présente.

Cette notion a depuis fait son chemin, et de nombreuses méthodes s'y rapportent sous des dénominations variées.

Stapledon et de Vries utilisent l'expression « fréquence spécifique » en Europe, et aux

Etats-Unis on parle surtout de « pourcentage de fréquence ».

On peut définir la fréquence d'une espèce comme le rapport qui existe entre le nombre d'unités d'échantillonnage qui contiennent cette espèce et le nombre total d'unités examinées.

On exprime pratiquement ce rapport à l'aide d'une échelle numérique simple ou en pourcentage.

Pourcentage de fréquence =

$$\frac{\text{Nb d'unités contenant l'espèce} \times 100}{\text{Nb total d'unités observées.}}$$

b) Détermination de la fréquence.

Pratiquement on effectue des relevés floristiques dans des conditions précises, sur des unités d'échantillonnage de forme et de dimensions déterminées. La comparaison et le classement de ces relevés permettent d'obtenir la fréquence relative de chaque espèce.

En zone tempérée, on se sert d'unités d'échantillonnage de petites dimensions.

Raunkiaer a utilisé surtout des unités circulaires de 0,1 m².

Stapledon en Grande-Bretagne se sert pour l'étude des pâturages, d'une grille de 6 in × 6 in jetée plusieurs fois sur une aire de 0,1 acre.

De Vries utilise une surface de 25 centimètres carrés placée à l'extrémité d'une chaussure ou en forme d'emporte-pièce. Cette dernière est destinée à arracher l'échantillon quand la végétation est courte, de manière à pouvoir l'examiner au laboratoire.

Les unités sont réparties d'une manière systématique sur l'aire à étudier, selon ses diagonales ou des lignes régulièrement réparties. Leur espacement est exactement mesuré, ou déterminé à l'aide de pas comptés.

On prend généralement comme critère de présence des espèces dans l'échantillon, les racines ; seules sont comptées les plantes présentant des racines quand celui-ci est arraché.

c) Utilisation de la « fréquence ».

Les observations relatives à un ensemble donné de relevés floristiques étant collationnées dans un tableau et la fréquence de chaque espèce étant déterminée, on compare ces dernières (la fréquence exprime ici le nombre de fois qu'une espèce est présente dans un ensemble défini de relevés).

On constate alors que l'on peut mettre en évidence des groupes d'espèces, présentant des fréquences identiques ou voisines.

Pour avoir une meilleure représentation de la distribution de ces fréquences, on peut construire un histogramme donnant leur répartition en fonction du nombre d'espèces. Pratiquement, au lieu d'établir directement cet histogramme à partir des données d'observation, on groupe les fréquences observées dans cinq classes A.B.C.D.E. appelées aussi classes de présence.

On définit ces classes directement d'après le nombre exact de relevés exécutés, ou ce qui est plus commode pour établir des comparaisons, on utilise les pourcentages de fréquence. On a alors cinq classes réparties de 0 à 100 pour cent. On peut ramener aussi le nombre des espèces portées sur l'axe des ordonnées à 100. De cette façon on obtient, quelle que soit la végétation examinée, des histogrammes ou des courbes comparables. (Voir plus loin les courbes représentatives des expériences de Hanson et Ball).

On s'est rendu compte que pour des groupements floristiques stables et bien définis, les courbes répondant aux histogrammes de présence montraient des caractéristiques voisines ou identiques.

Pour un grand nombre d'observations, faites dans les mêmes conditions, sur une végétation homogène, on constate qu'un grand nombre d'espèces possède une fréquence peu élevée, alors qu'un nombre restreint en présente une moyenne ou élevée.

La courbe exprimant les variations de la fréquence en fonction du nombre d'espèces, présente un premier maximum élevé pour les faibles fréquences et un second maximum beaucoup plus bas pour les fréquences les plus grandes. Elle a une forme caractéristique en J retourné.

Sur la figure 12, nous donnons la courbe de Raunkiaer obtenue à partir de très nombreuses observations en Europe, et la courbe de Kenoyer obtenue à partir d'un millier d'observations relevées sur 51 stations différentes dans le Michigan.

Kenoyer explique la différence observée entre les deux courbes par la moins grande stabilisation des associations étudiées aux Etats-Unis.

Des critiques peuvent être apportées aux méthodes usuelles de détermination de la fréquence.

Tout d'abord la grandeur de l'unité d'échantillonnage influence la probabilité de la présence des espèces.

Kenoyer souligne expérimentalement ce fait.

Dans un essai avec une unité de $0,1 \text{ m}^2$, il obtient la distribution suivante : A/11, B/4, C/1, D/0, E/0.

Avec une unité de 1 mètre carré il obtient pour la même végétation : A/14, B/5, C/2, D/1, E/4.

Dans de nombreux cas, il a recours à des unités de 10 mètres carrés et quelquefois de 50 à 100 mètres carrés, pour obtenir une distri-

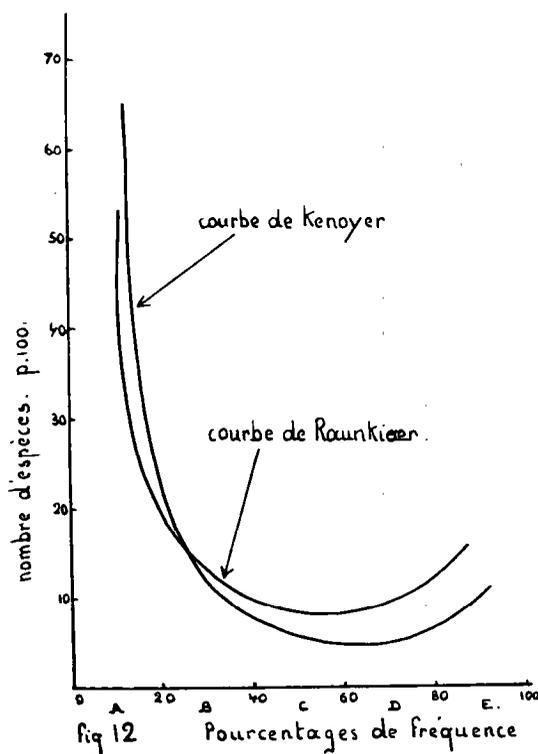


FIG. 12

Courbes de distribution des espèces appartenant à des groupements floristiques stables. Courbes de RAUNKIAER et de KENOYER.

bution « normale », c'est-à-dire se rapprochant de celle de Raunkiaer. Kenoyer se sert ainsi de la « loi de fréquence » de Raunkiaer comme d'un moyen de contrôle pour ajuster la surface de ses unités de travail aux caractéristiques des associations qu'il étudie ; mais, ne disposant pas d'une expression mathématique rigoureuse de cette loi, il ne peut procéder qu'à des ajustements empiriques laborieux.

On ne peut donc utiliser une unité ayant des caractéristiques « standard » pour effectuer les relevés floristiques ; cette dernière doit être fonction du type de végétation que l'on prospecte.

Il est nécessaire de préciser le nombre des échantillons observés, ainsi que leur surface, si l'on veut savoir dans quelles limites on rend compte des espèces ayant une fréquence faible.

De plus, pour un certain nombre de méthodes, la répartition des échantillons sur l'aire à prospector n'est souvent pas faite au hasard, mais selon un ordre déterminé.

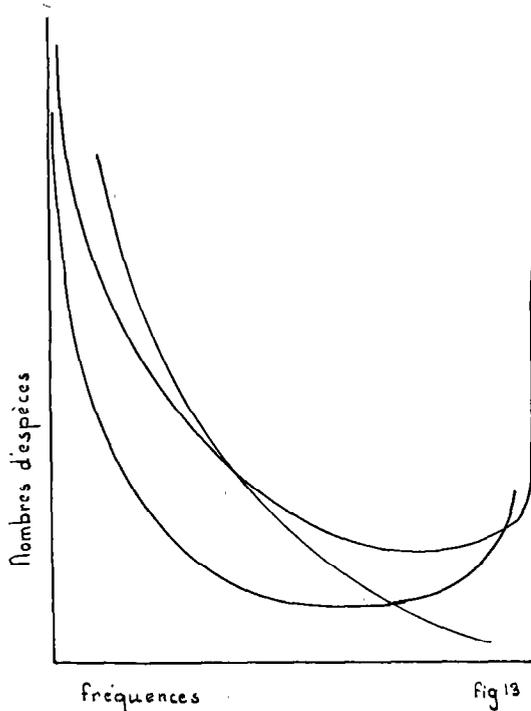


FIG. 13.

Représentation schématique des trois types de courbe exprimant la distribution des fréquences des espèces.

Les conclusions concernant l'ensemble de la végétation étudiée se trouvent donc faussées, et il n'est pas possible d'obtenir statistiquement parlant une estimation valable de l'erreur d'échantillonnage.

La plupart des critiques qui ont pu être apportées à certaines méthodes d'examen des herbages fondées sur le critère de fréquence, proviennent essentiellement du fait qu'elles ont été établies sur des bases statistiques insuffisantes, et qu'elles introduisent ainsi des erreurs d'échantillonnage importantes et incontrôlables.

C'est à M. Guinochet que l'on doit récemment une amélioration très sensible dans l'appréciation de la distribution des fréquences des espèces.

Cet auteur, comme nous l'avons déjà montré, en apportant une contribution nouvelle à l'application du calcul statistique à la phytosociologie, nous donne une méthode de travail particulièrement féconde. Il nous permet d'envisager des solutions nouvelles, efficaces pour l'échantillonnage de la végétation, adaptées à des besoins expérimentaux multiples.

L'auteur apporte tous ses soins à la composition des relevés floristiques en les soumettant à deux conditions rigoureuses :

Ils sont effectués tout d'abord sur des surfaces floristiquement homogènes, c'est-à-dire telles « qu'en y prélevant au hasard, autant de fois que l'on veut, des surfaces voisines ou égales à l'aire minimum, on retrouve toujours le même nombre d'espèces, aux fluctuations aléatoires près ».

Nous avons indiqué plus haut ce qu'on entend par aire minimum (fig. 11).

Les relevés sont ensuite faits « au hasard, c'est-à-dire sans choix conforme à une idée préconçue, relative par exemple à la signification écologique d'une espèce ».

Recherchant un test statistique d'homogénéité des tableaux de relevés, c'est-à-dire un moyen de contrôle rigoureux qui puisse affirmer que les relevés choisis sont bien représentatifs d'un même groupement floristique, l'auteur est amené à rechercher l'expression mathématique de la loi ou des lois de distribution des fréquences, correspondant aux histogrammes de présence.

Après avoir tenté l'essai de la « série logarithmique », Guinochet arrive à la conclusion suivante :

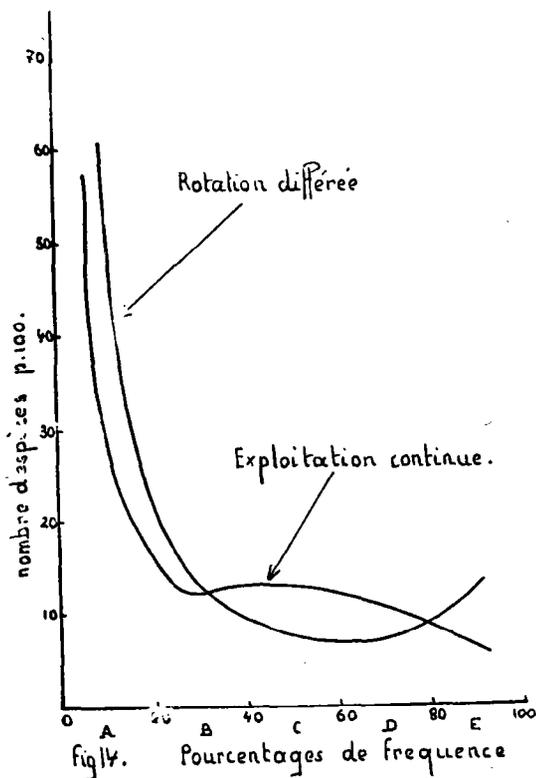
« Nous sommes en présence d'un type de distribution de fréquences unimodale, d'étendue limitée et telle que les causes contribuant aux écarts ne sont pas indépendantes et ont des effets inégaux sur ceux-ci. Or à ma connaissance du moins, l'équation satisfaisant à ces conditions est la suivante :

$$y = y_0 \left(1 + \frac{x}{a_1}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{x}{a_2}\right)^{m_2}$$

qui correspond au type 1 de l'équation généralisée des probabilités de K. Pearson (1895 et 1930-31) dont l'expression générale est donnée par l'équation différentielle :

$$\frac{dy}{ydx} = \frac{x - a}{c_0 + c_1 + c_2}$$

A l'aide de la technique élaborée par K. Pearson, dont l'auteur donne le détail, on obtient « tous les éléments pour calculer un certain nombre de valeurs de y qui permettent de construire très exactement la courbe sur du papier millimétré et, ensuite, d'obtenir graphiquement (en comptant par exemple le nombre de carreaux) les surfaces entre la courbe, l'axe des x et les ordonnées d'abscisse 0 et 1,1 et 2, etc., valeurs que l'on comparera aux données observées à l'aide du test χ^2 bien connu. Cette méthode d'intégration par le procédé graphique s'est révélée très suffisante pour le but recherché, et elle a l'avantage d'être bien moins laborieuse que le calcul ».



En conclusion, l'auteur croit pouvoir affirmer « qu'un groupement floristique ne peut être considéré comme bon, que lorsque les données des tableaux ayant servi à l'établir peuvent être ajustés à la courbe du type I de l'équation généralisée des probabilités de K. Pearson ».

Jusque là, on avait en effet admis d'une façon empirique que les tableaux étaient homogènes lorsque l'histogramme de présence correspondant permettait de dessiner une courbe unimodale.

Dans le doute, cette façon de procéder rejetait systématiquement les tableaux apparemment hétérogènes.

A l'aide de la loi de distribution, il est possible de calculer les fréquences théoriques, et de les comparer avec les fréquences observées. Des techniques statistiques simples et courantes permettent de voir si l'écart entre les valeurs ainsi déterminées est significatif ou non.

Si l'écart est significatif, la courbe de distribution plurimodale obtenue montre l'hétérogénéité des relevés floristiques. S'il n'est pas significatif, il peut être réduit par un nombre accru d'observations.

d) Utilisation de la « loi de fréquence ».

2) Utilisation de la loi de fréquence pour la détermination des groupements floristiques.

L'étude de la distribution des fréquences des espèces permet avant tout en se référant aux travaux de M. Guinocet de déterminer statistiquement des groupements floristiques.

Dans la pratique, ceci est fondamental pour l'étude des herbages tropicaux, et nous permet de mettre en évidence des unités de travail ayant une réelle signification biologique. Ces unités ne sont pas arbitraires comme celles trop souvent utilisées : un enclos, une parcelle, un champ, etc., leur signification générale les rend aptes aux travaux de recherches les plus variés.

3) Utilisation de la loi de fréquence pour suivre l'évolution de la végétation en fonction des variations du milieu.

L'examen et la comparaison des distributions des fréquences permettent également d'étudier l'action de certains facteurs écologiques.

La distribution des fréquences étant caractéristique d'un groupement floristique répondant à un milieu donné, toute perturbation apportée à ce dernier doit entraîner une modification de la distribution.

Hanson et Ball, dans le Colorado, se sont servis de cette méthode pour apprécier les transformations subies par un pâturage sous l'influence du broutage dans des conditions diverses.

Ces auteurs ont partagé un pâturage homogène en trois parties A, B et C.

Le pâturage A a été soumis à l'exploitation continue par l'animal durant plusieurs années.

La partie B a été soumise à l'exploitation, après la dissémination des graines des plantes

fourragères, la partie C avant. Le mode d'utilisation de ces deux dernières parcelles a été alterné tous les ans.

La comparaison des distributions des fréquences des espèces dans chacune de ces parcelles représentées sur la figure 14 permet de constater :

1° que la courbe représentative des enclos B et C, soumis à une rotation différée respectant la distribution naturelle des graines, répond à la loi normale de distribution des espèces ;

2° une déformation de la courbe représentative de A, qui devient bimodale et ne répond plus à la loi énoncée plus haut.

C'est la traduction de la diminution des espèces consommées entraînant une rupture de l'équilibre du groupement dont elles font partie.

L'appréciation des variations de la distribution des espèces végétales est particulièrement intéressante en zone d'élevage extensif, pour suivre l'évolution des herbages sous l'influence des interventions humaines.

Elle est précise, car elle élimine toutes les appréciations subjectives des observateurs, pour ne retenir que le caractère de présence ou d'absence des espèces qui est indiscutable.

De plus, la « fréquence » pour un groupement défini est une donnée constante, alors que les caractéristiques relatives au « poids » et à « l'aire couverte » sont essentiellement variables au cours des saisons et d'une année à l'autre, principalement en zone sahélienne et soudanienne, en raison des variations climatologiques locales importantes.

La notion de « fréquence », comme le souligne De Vries permet surtout d'apprécier le potentiel productif d'un groupement floristique. C'est ce qu'il importe de savoir en élevage extensif.

L'application de méthodes fondées sur le critère de fréquence serait par exemple efficace pour la surveillance des zones d'herbage situées dans le rayon d'influence des forages profonds. Elle permettrait de contrôler facilement le comportement de la végétation sous les conditions nouvelles d'exploitation dues à la présence des troupeaux.

γ) Utilisation de la fréquence pour la détermination de la densité.

Il est très séduisant de penser pouvoir calculer la densité des individus représentatifs des espèces à partir de leur fréquence. Quelques auteurs l'ont tenté.

En résumé, on peut dire que pour les fréquences les plus faibles, la relation entre la fréquence et la densité est linéaire ; elle devient logarithmique pour les fréquences élevées.

Gleason montre que la relation peut s'exprimer mathématiquement de la manière suivante :

Si f représente le pourcentage de fréquence, q le nombre d'unités et n le nombre d'individus dans l'unité choisie, nous avons :

$$f = 1 - \left(1 - \frac{1}{q}\right)^n$$

$$n = \frac{\log(1-f)}{\log\left(1 - \frac{1}{q}\right)}$$

Blackman a montré que pour une distribution d'espèces au hasard, il existe une relation linéaire entre le logarithme des pourcentages d'absence et les densités (on entend par pourcentage d'absence la différence entre 100 et le pourcentage de présence).

L'application de ces données a fourni des résultats satisfaisants pour l'appréciation des associations semi-désertiques en Arizona et en Australie.

Malheureusement, on constate que l'utilisation pratique de ces relations mathématiques se trouve limitée par le manque d'uniformité de la dispersion des individus de chaque espèce.

Ceci nous conduit à examiner la topographie de la dispersion des individus.

L'étude des populations végétales n'est pas encore très avancée, mais elle montre que les individus ne sont généralement pas normalement dispersés, c'est-à-dire que leur distribution n'obéit pas à la loi de Poisson.

Les individus sont répartis le plus souvent par agrégats, selon une distribution étudiée par Polya (1931).

Pidgeon et Ashby représentent ce phénomène en traçant des isonomes (lignes d'égale abondance) qui montrent que la répartition des individus s'effectue à partir d'un centre d'abondance élevé, entouré de zones d'abondance décroissante.

Cette organisation des populations est due au mode de reproduction des espèces et à leur pouvoir de dispersion en fonction du milieu.

On observe généralement une concentration autour des « parents » qui forment le centre de l'agrégat.

Ce mode de dispersion complique évidemment le problème de l'échantillonnage.

e) *La représentation graphique de la fréquence.*

En plaçant ses unités d'échantillonnage le long de lignes régulièrement disposées sur l'aire à étudier, Raunkiaer enregistre la présence des espèces dans l'ordre de ses observations.

Ces dernières portées sur une grille donnent en même temps que la fréquence, une représentation de la répartition topographique des espèces.

Dobbs, perfectionnant la méthode précédente, fait varier l'écart entre ses unités d'échantillonnage selon les caractéristiques de la végétation.

De Vries ayant le même souci d'obtenir une représentation topographique, enregistre aussi la présence des espèces selon l'ordre des observations.

Ces dernières sont mentionnées pour chaque espèce sur une carte représentant schématiquement à l'aide de cercles la disposition des unités sur lesquelles s'effectuent les relevés floristiques. Ces unités sont généralement régulièrement espacées le long de lignes parallèles.

L'auteur associe à cette représentation, la notion de « rang » donnant à chaque espèce une cote d'importance par rapport à l'ensemble. Ceci est matérialisé sur le schéma par le cercle représentant l'unité examinée que l'on colore sur la totalité ou sur une fraction de sa surface selon l'importance relative attribuée à l'espèce.

On peut distinguer ainsi la fréquence ordinaire et la fréquence dominante, cette dernière étant égale au pourcentage d'unités pour lequel une espèce occupe le premier rang.

Ces méthodes, utiles pour certains travaux, sont cependant critiquables pour la raison que nous avons déjà exposée plus haut, à savoir que l'échantillonnage est effectué selon un ordre systématique qui affecte la valeur statistique des résultats.

f) *Conclusion.*

Les méthodes d'examen de la végétation, fondées sur la fréquence, ont été appréciées de différentes manières. Penfound par exemple pense que des quatre critères utilisés la fréquence est le plus artificiel et le moins important, qu'on en a fait un usage abusif et que ce dernier doit être restreint dans l'avenir.

Nous pensons que les échecs et les erreurs

enregistrés par les méthodes utilisant ce critère proviennent surtout du mauvais usage de celui-ci.

C'est ce que sous-entend W. Sampson lorsqu'il recommande d'utiliser l'analyse des distributions de fréquence avec beaucoup de prudence, en raison des variations enregistrées dans les résultats, dues à la forme et aux dimensions des aires d'échantillonnage, en relation avec la densité des espèces.

En effet, la plupart des méthodes procèdent à l'inventaire d'unités floristiques n'ayant pas de signification biologique.

Les caractéristiques des surfaces d'échantillonnage sont choisies d'une façon arbitraire ou empirique et leur répartition est très souvent faite selon un ordre défini.

On voit que ces conditions expérimentales sont exactement à l'opposé de celles énoncées par M. Guinochet pour la détermination statistique des groupements floristiques. Il ne faut donc pas s'étonner de l'insuffisance des résultats acquis.

Toutes les précisions de comptage recommandées par ces techniques sont illusoire, la définition même des échantillons étant de peu de valeur statistiquement parlant.

Si les méthodes habituellement en usage dans les régions tempérées se sont montrées valables pour une estimation approchée des pâturages denses, les conclusions auxquelles elles aboutissent ont une application restreinte, limitée aux strictes conditions expérimentales.

Elles nécessitent de plus des observations nombreuses pour être valables. Nielen et Dirven (1950), après l'interprétation statistique de 1.800 prélèvements, faits à l'aide d'une emportepièce de surface réduite, ont montré qu'il fallait 100 à 120 échantillons par hectare pour caractériser une prairie.

Sur les grands parcours d'A.O.F. de telles méthodes ne sont d'aucun intérêt pratique. Il faut utiliser des procédés en harmonie avec les conditions particulières du milieu.

Nous pensons que les méthodes phytosociologiques, revues à la lumière des précisions données récemment par M. Guinochet à propos de la « fréquence », sont particulièrement bien adaptées à l'étude des herbages tropicaux.

L'expression mathématique de la loi de distribution des fréquences des espèces est un progrès considérable. Elle apporte des solutions efficaces aux nombreux problèmes se posant à propos de l'échantillonnage de la végétation

et qui n'avaient jusqu'à ce jour été résolus que d'une manière très imparfaite.

3° LE NOMBRE.

L'appréciation du nombre d'individus représentant une espèce est couramment appelé dans le langage phytosociologique « abondance ».

Ce terme n'est pas univoque et couvre de nombreuses interprétations.

Il peut définir une estimation grossière et subjective du nombre des individus représentant une espèce, cette estimation étant généralement faite relativement aux autres espèces.

Il exprime quelquefois le nombre d'individus occupant une unité de surface quelconque, il s'agit alors de la *densité*, que l'on peut obtenir par comptage ou par estimation.

Il donne aussi la répartition par espèce et en pour cent du nombre total des individus présents sur une surface définie. Il s'agit alors de la « composition en pourcentage ».

Toutes ces interprétations de « l'abondance » ont un caractère commun, elles font intervenir une numération exacte ou estimée des individus.

Les méthodes usuelles qui en dérivent ne diffèrent que par la manière de compter ou d'estimer et par la façon d'utiliser et d'interpréter les résultats des comptages.

a) *Les méthodes utilisant l'estimation.*

De nombreuses méthodes ont été proposées pour estimer ce qu'il est convenu d'appeler le « degré d'abondance ».

Elles utilisent des échelles d'appréciation comportant un nombre variable de classes, en général 5 ou 10, dans lesquelles on opère une répartition des espèces en fonction de leur abondance.

Chaque classe est caractérisée par un qualificatif tel que : *rare, épars, occasionnels, peu nombreux, peu abondant, abondant, nombreux, très abondant, très nombreux*, donnant une idée relative du nombre des individus.

De telles appréciations n'ont de valeur que pour l'observateur qui les utilise. Le sens que ce dernier leur accorde varie certainement dans le temps.

Avec le souci de donner plus de précision aux échelles d'appréciation couramment utilisées, certains auteurs comme Hanson ont tenté de les faire correspondre à une estimation numérique de la densité.

Dans le même but en Afrique du Sud, on associe à une échelle d'appréciation de type usuel la distance moyenne entre les individus permettant de définir ainsi 20 classes.

A toutes ces méthodes on peut faire de nombreuses critiques.

Tout d'abord le manque de précision de la terminologie utilisée.

Les mots comme abondant, nombreux, ne peuvent avoir de sens que relativement à d'autres. Chaque terme qualifiant les degrés des échelles a besoin de recevoir une définition particulière. On peut dire qu'il existe autant de définitions que d'observateurs.

L'appréciation de l'abondance est de plus influencée par la dominance. On aura tendance à sous-estimer le nombre des individus de petite dimension et à surestimer celui des individus occupant dans l'espace un volume plus important.

Ces remarques sont les facteurs essentiels conditionnant le manque de fidélité de ces méthodes. Les éléments d'appréciation sont par trop nombreux et subjectifs pour qu'un observateur puisse les appliquer d'une manière constante et rigoureuse.

Les expériences faites à ce sujet montrent d'une manière indiscutable que les estimations réalisées par des opérateurs très entraînés, même après une longue observation de la végétation, aboutissent à des résultats erronés et de plus non reproductibles dans le temps.

Le principal écueil de ces techniques est leur manque de fidélité et l'impossibilité de changer d'observateur au cours des recherches sans introduire une cause d'erreur importante. Cette remarque est capitale quand on sait que les observations dans le domaine de l'étude des herbages doivent s'échelonner sur de nombreuses années.

Les méthodes utilisant l'estimation du nombre des individus ne sont praticables que pour des examens préliminaires ou rapides et pour des travaux de surveillance.

b) *Les méthodes utilisant les comptages.*

Seules les méthodes utilisant les comptages peuvent permettre d'accéder avec une précision raisonnable à l'évaluation de l'abondance.

De nombreuses techniques ont été décrites, car les opérations de comptage ne sont pas aussi simples qu'on pourrait l'imaginer. Dans les prairies denses de nombreuses difficultés

se présentent lors de la détermination des échantillons à étudier et pour définir les « individus ».

Nous n'aborderons pas ce cas particulier qui intéresse surtout la végétation de zone tempérée.

En région tropicale, on est surtout en présence d'herbages « ouverts », dont la densité permet de délimiter facilement chaque individu.

Les numérations sont réalisées sur des unités dont la surface, la forme et le nombre sont déterminés en fonction des caractéristiques de la végétation à étudier.

On se sert le plus souvent d'un carré de 1 mètre de côté.

Le travail est facilité en divisant cette surface en bandes ou en carrés à l'aide de ficelles tendues ou de tringles mobiles.

Les méthodes utilisant le comptage sont particulièrement valables pour des types de végétation dans lesquels les individus sont nettement séparés : les végétations semi-désertiques et celles des terres salées par exemple. Elles sont aussi employées pour le contrôle des germinations et des plantes toxiques.

4° LA SURFACE.

Le plus grand nombre de méthodes utilisées pour l'examen des herbages prend la surface occupée par les individus comme critère d'appréciation.

Que faut-il entendre par surface occupée ? Pour répondre à cette question, il faut d'abord distinguer pour un individu donné la surface couverte et l'aire de base.

On entend par surface couverte, l'aire de projection d'un individu sur le sol.

Cette surface varie beaucoup, d'une part en fonction de la croissance, d'autre part en fonction des conditions écologiques.

On entend par aire de base, la surface occupée par l'individu au niveau du sol. Pratiquement cette surface n'est pas mesurée au niveau du sol mais à quelques centimètres au-dessus.

Pour les individus parfaitement isolés, l'aire de base est un meilleur critère que la surface couverte, sa détermination offre moins d'ambiguïté et échappe aux variations saisonnières ou accidentelles comme le broutage et le piétinement.

La définition de l'individu n'est pas toujours évidente. Pour les plantes vivaces par exemple,

un même individu peut présenter des touffes séparées. Certains auteurs mesurent alors la surface totale y compris les espaces vides ; d'autres fixent une limite arbitraire à la distance entre les touffes pour distinguer des individus différents.

En résumé, nous pouvons séparer deux groupes de méthodes :

1° Celles utilisant comme critère d'appréciation la surface couverte.

2° Celles fondées sur l'évaluation de l'aire de base.

Les premières sont essentiellement estimatives, les secondes s'appuient généralement sur des mesures précises.

a) *Evaluation de la surface couverte.*

L'estimation de la surface couverte peut se faire de deux façons différentes :

1° d'une manière extensive, c'est-à-dire par simple examen direct de la végétation sans le secours d'aucun dispositif ou instrument ;

2° d'une façon plus précise par l'examen détaillé de surfaces expérimentales judicieusement choisies et limitées.

1° Evaluation extensive de la surface couverte.

On utilise généralement en Europe des échelles numériques.

Braun Blanquet a utilisé par exemple une échelle de 1 à 5 qui, combinée avec l'abondance, permet d'apprécier sommairement la surface couverte.

Aux Etats-Unis la nécessité de surveiller les vastes étendues du « Range » a fait étudier et mettre au point des méthodes d'examen de la végétation de plus en plus précises et efficaces.

Jardine le premier utilise une méthode extensive. Cet auteur se livre d'abord à un examen général de la région à étudier et à une classification physionomique de la végétation en types et en sous-types.

Dans un deuxième temps, ses observations sont matérialisées sur une carte divisée en sections de 1 mile carré ou sur une photographie aérienne servant ainsi à dresser une carte de base de la végétation.

Chaque type de végétation ainsi défini et cartographié est étudié en détail sur des aires de dimensions restreintes, non délimitées avec précision et choisies en raison de leur caractère représentatif de l'ensemble.

Le pourcentage de sol couvert et dénudé est évalué ainsi que la couverture de chaque strate de végétation. Cette méthode simple est encore utilisée pour les travaux de reconnaissance.

2^o Évaluation de la surface couverte au moyen d'unités d'échantillonnage.

L'estimation de l'aire couverte par la végétation à l'aide d'unités témoins est connue sous le nom de « point observation plot method » (square foot density). Cette méthode est uniquement applicable aux herbages ouverts de type « range ».

La végétation est classée physionomiquement et cartographiée comme dans la méthode précédente, mais les estimations du couvert sont réalisées sur des surfaces définies.

Ces dernières sont des cercles dont la surface varie de 25 à 200 pieds carrés, selon la densité et l'homogénéité de la végétation.

L'unité de mesure est une surface de 1 pied carré totalement couverte quand on examine la végétation verticalement.

L'observateur doit s'entraîner pour acquérir le « sens » de cette unité de mesure à l'aide d'une grille de 1 pied carré divisée en carrés de 6 in.

Muni de cette mesure estimative dont il peut tester à volonté l'exactitude expérimentalement, l'observateur peut se livrer à l'évaluation de la surface couverte par chaque espèce sur chaque cercle.

Lorsque l'unité de mesure représente 1 pour cent de la surface totale du cercle, on a directement le pourcentage de sol couvert en comptant le nombre d'unités utilisées pour évaluer la surface occupée par chaque espèce.

Toutes les espèces couvrant plus de 0,25 pied carré sont estimées ; les autres sont simplement mentionnées présentes.

Un contrôle des évaluations faites pour chaque espèce est possible en comparant leur somme à l'estimation de la surface couverte totale.

Lorsqu'on travaille à l'aide d'une carte, l'examen de la végétation se fait par section de un mile carré sur deux lignes distantes d'un demi-mile.

Les cercles servant aux examens sont répartis sur ces deux lignes à raison de 10 pour chacune espacés de 8 chains (1).

Lorsqu'on dispose d'une carte de base de la végétation donnant la répartition topographique

(1) 1 chain = 20,116 m.

des différents types physionomiques, la disposition des unités se fait selon le plus grand axe de chacun de ces types.

On utilise au moins trois points d'observation pour 10 à 20 acres (1), 5 pour 20 à 80 acres, 10 pour 80 à 640 acres.

Ces chiffres n'ont qu'une valeur indicative. Il est évident que le nombre des échantillons doit varier en fonction de l'homogénéité de la végétation.

Costello et Klipple analysant un très grand nombre d'observations ont montré qu'un nombre d'échantillons donnant une erreur standard de 20 pour 100 était suffisant, les variations saisonnières et annuelles de la surface couverte en fonction de la climatologie dépassant souvent ce chiffre.

Stewart et Hutchings ont montré que cette méthode d'examen de la végétation pouvait être rapidement apprise et qu'un observateur entraîné examinait facilement de 20 à 50 cercles d'observation par jour.

Elle a été longtemps utilisée comme méthode de référence par le Service des Forêts des États-Unis.

b) Détermination de l'aire de base.

α) Détermination de l'aire de base par estimation (Area list estimated ou density list method).

À l'aide de cette méthode on évalue, dans une unité d'échantillonnage définie, la surface de base occupée par chaque espèce. Les estimations de surface sont mentionnées sur un diagramme représentant l'unité choisie qui est généralement un carré subdivisé.

On utilise le plus souvent des unités de 1 mètre carré à 25 décimètres carrés divisées en décimètres carrés.

Pour chaque division, on estime le pourcentage de sol occupé par toute la végétation et par chacune des espèces, par rapport à la surface totale d'une part et par rapport à la surface occupée d'autre part.

L'aire moyenne de base pour l'ensemble de la végétation étudiée et pour chaque espèce est calculée à partir de l'ensemble des données recueillies sur toutes les unités.

β) Évaluation de l'aire de base à l'aide de mensurations (Area list : measured).

(1) 1 acre = 40,468 a.

Cette méthode diffère peu de la précédente dans son principe. L'aire de base est ici mesurée au lieu d'être estimée.

De très nombreux moyens de mesure ont été utilisés. Ils se ramènent tous à des déterminations de diamètres, de côtés de carrés ou de rectangles et de pourtours de circonférences.

On s'est servi d'un anneau de 2 pieds que l'on jette 10 fois le long d'un « transect ». On pratique le comptage des individus de chaque espèce contenus dans l'anneau. On estime alors le diamètre moyen des touffes de chaque espèce, en pratiquant une trentaine de mensurations

De nombreux modèles de règle ont été mis en usage. On s'est servi (Pearse) de règles graduées en unités de longueur et de surface. La lecture du diamètre d'une touffe donne directement sa surface.

D'autres instruments expriment directement le pourcentage de sol occupé par rapport à une unité d'échantillonnage définie.

On se sert également d'une équerre graduée sur les deux branches qui, placée à la base des touffes, permet d'évaluer la surface par multiplication des deux mesures lues (Johnson, 1927).

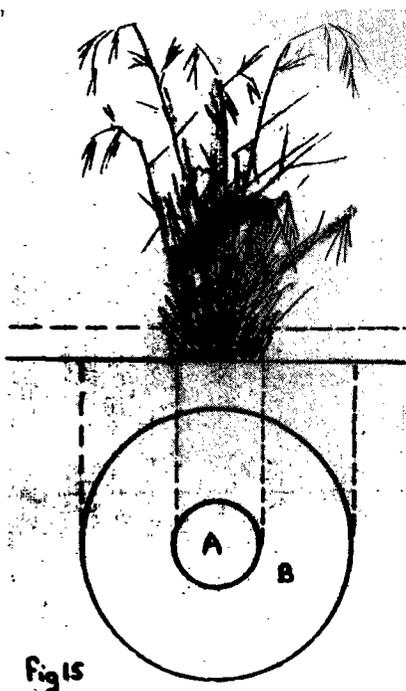


FIG. 15.

Schéma représentant l'aire de base ($A_1 + A_2 + A_3$) et la surface couverte ($A_1 + A_2 + A_3 + B$) pour un individu présentant plusieurs touffes.

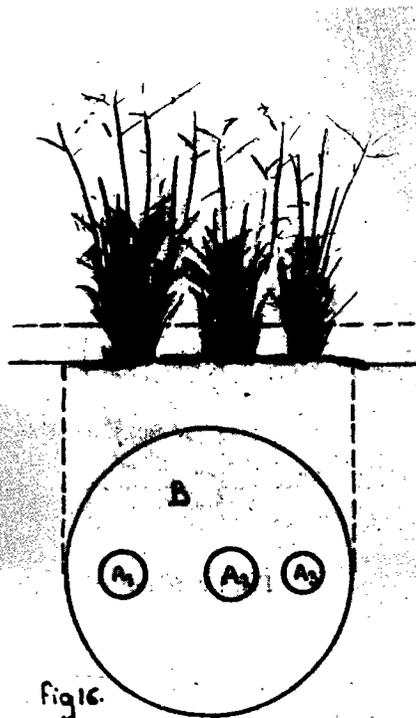


FIG. 16.

Schéma représentant l'aire de base (A) et la surface couverte (A + B).

sur les individus déterminés par l'intersection d'une tige de trois pieds jetée dans l'anneau autant de fois qu'il est nécessaire.

De l'ensemble des mensurations obtenues, on déduit l'aire de base moyenne de chaque espèce (Acocks, 1950).

Le densimètre est un appareil qui permet de lire facilement la surface de base. Il s'agit d'un ruban d'acier formant une ganse circulaire de périmètre variable, dont la surface peut se lire grâce à un index placé sur le manche de l'appareil.

Il en existe divers modèles utilisables conformes pour toutes les surfaces. Les lectures sont réalisées le plus commodément quand les plantes sont coupées à quelques centimètres au-dessus du sol.

c) *Les méthodes graphiques.*

a) La végétation herbacée.

A l'aide de ces méthodes, on s'attache à faire la reproduction la plus exacte possible de la disposition de la végétation dans des unités d'étude choisies.

Les individus qui occupent une surface trop petite, généralement moins de $0,5 \text{ cm}^2$, ne sont représentés que par un point ou par une croix.

L'échelle de reproduction utilisée est variable selon les besoins de l'étude et les caractéristiques de la végétation, elle peut aller de $1/10$ à $1/1$.

Pour la végétation herbacée de steppe et de savane, on se sert souvent de reproduction sans réduction. Les surfaces occupées par les végétaux peuvent être directement appréciées sur le graphique à l'aide d'un planimètre.

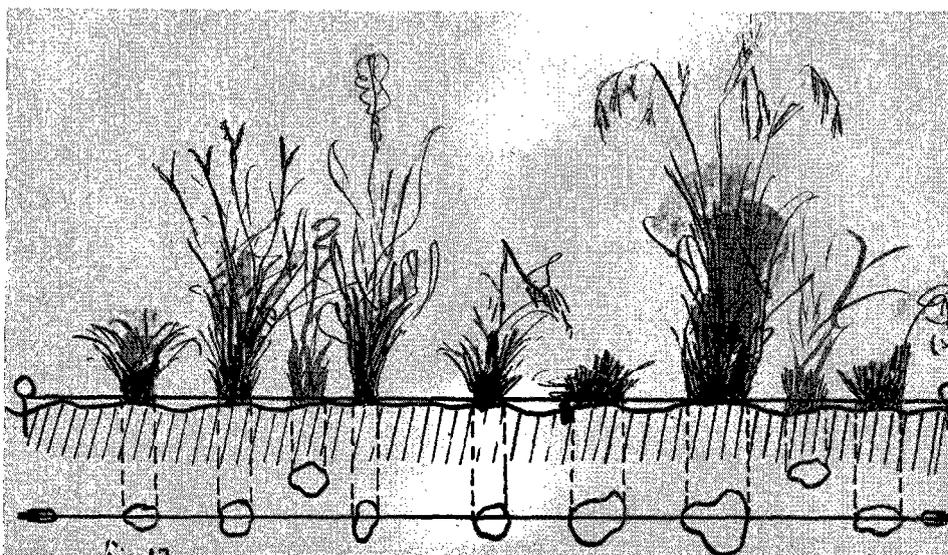


FIG. 17. Schéma montrant la disposition d'un segment sur le terrain.

On peut tout d'abord procéder à vue sans l'aide d'aucun dispositif particulier.

On reproduit à une échelle convenable, sur une feuille de papier, l'unité d'échantillonnage qui est généralement un carré et le quadrillage qui la découpe.

A l'aide de ces repères, on dessine le plus exactement possible la forme de la surface occupée par chaque plante, dans chaque division de l'unité.

La reproduction de « l'aire couverte » est imprécise, aussi délimite-t-on généralement « l'aire de base » de chaque individu.

Pour une végétation haute, il est nécessaire de couper les touffes pour les cartographier. Pratiquement c'est le dessin de la touffe coupée à 3 cm du sol qui est utilisé.

Dans le but de faciliter le travail des relevés, Hill a le premier utilisé le pantographe.

Cet appareil simple permet de faire, avec plus de précision et beaucoup moins de temps, le même travail que celui exposé précédemment.

Plusieurs types de pantographe ont été décrits. Leurs auteurs se sont surtout attachés à augmenter sa légèreté tout en conservant sa maniabilité et sa robustesse.

Booth (1943) se sert d'un dispositif, constitué par un trépied d'appareil photographique, portant à environ 70 centimètres du sol une plaque de verre transparente servant de table à dessin, sur laquelle on place une feuille de cellophane munie d'un cache délimitant la reproduction de l'aire à étudier.

Au sommet du trépied un trou de dimensions

convenables laisse voir la végétation sur le sol au travers de la surface déterminée par le cache, sans permettre de déplacements de l'œil.

En faisant varier la distance entre la plaque et le sol, on obtient des rapports de réduction différents. Pratiquement, on se sert d'une réduction de 2,5 pieds carrés à 10 inches carrés.

Plus commodément, on a utilisé un dispositif photographique dans les mêmes conditions, permettant ainsi de focaliser l'image de l'unité d'échantillonnage sur une plaque de verre. L'image est reproduite sur une feuille transparente.

Ces méthodes cartographiques sont surtout applicables à des végétations herbacées, peu denses, dans lesquelles il est facile de délimiter les individus.

Elles sont particulièrement utiles pour étudier les variations individuelles des plantes vivaces au cours du temps, les changements de végétation et l'introduction de nouvelles espèces.

Les relevés cartographiques effectués périodiquement, exactement sur les mêmes emplacements, permettent par superposition, de suivre l'évolution de la végétation. Les comparaisons ainsi établies atteignent une précision qui ne peut être obtenue par les méthodes estimatives.

b) La végétation arbustive.

La représentation cartographique de la végétation arbustive pose des problèmes particuliers et demande des méthodes bien adaptées.

Pour les arbustes de grandes dimensions ainsi que pour les arbres, on peut utiliser la méthode topographique classique qui consiste en partant d'un point fixe d'observation à opérer des visées à l'aide d'une alidade sur des tringles graduées ou à curseur et des mensurations avec une roulette d'arpentage entre le point d'observation et les points visés. On obtient ainsi par réduction à l'échelle de la table, placée au point d'observation, une représentation du pourtour d'un arbre, c'est-à-dire de sa surface couverte. Cette méthode est lente et laborieuse.

La méthode du quadrillage utilise des surfaces d'observation généralement carrées, de dimensions ajustées aux caractéristiques de la végétation, pouvant varier de 100 à 1.000 mètres carrés.

Ces surfaces sont subdivisées au niveau du sol à l'aide de cordes, en carrés de 1 à 100 mètres carrés.

Ce dispositif permet de repérer exactement la projection verticale des arbres et des arbustes sur le quadrillage, par des mensurations le long des cordes à partir de leurs intersections.

La hauteur des arbres est obtenue comme dans la méthode précédente à l'aide de tringles graduées ou à curseur.

La reproduction des repères est faite à une échelle convenable sur du papier quadrillé.

Des méthodes variées dérivant de cette dernière ont été utilisées. Elles tendent à opérer sur des unités d'observation plus petites, avec un matériel spécialement adapté qui permet d'opérer plus rapidement des relevés précis.

d) L'échantillonnage linéaire (*Line intercept method*).

Cherchant à utiliser l'aire d'échantillonnage la plus petite possible compatible avec le minimum de précision exigée, il était logique pour apprécier le pourcentage de surface couverte de penser se servir non plus d'unités de surface, mais plus simplement d'unités de longueur.

De nombreux auteurs ont utilisé cet artifice. Canfield, principalement en 1941, a élaboré une technique pour l'étude du range dans le sud-ouest des Etats-Unis.

L'unité d'échantillonnage est représentée par un segment de droite matérialisé par un câble métallique de longueur définie tendu au niveau du sol entre deux piquets.

Ce segment de droite traverse l'aire de base d'un certain nombre d'individus.

On mesure l'intersection du câble avec chacun d'eux au quart de centimètre près.

La somme des intersections des individus de la même espèce donne relativement à la longueur du segment le pourcentage de surface couverte par cette espèce. Si le segment mesure 10 mètres la somme exprimée en décimètres donne directement le pourcentage couvert.

Dans la méthode de Canfield un échantillon est constitué par plusieurs segments. Le nombre des unités d'échantillonnage dépend de la densité et de l'homogénéité du couvert végétal.

Pour le range du sud-ouest des Etats-Unis, un couvert végétal de moins de 5 p. 100 nécessite un segment de 100 pieds de long, un couvert de 5 à 15 p. 100, un segment de 50 pieds. Le relevé de ce dernier peut être effectué en 15 minutes par deux personnes entraînées.

Des pâturages moyennement homogènes ont pu être estimés avec 60 segments pour

1.000 acres. Les résultats de chaque relevé sont enregistrés sur un tableau permettant de calculer facilement les caractéristiques générales de la couverture végétale ainsi que celles des espèces la composant.

Anderson se sert d'une unité linéaire de 10 mètres. Les mesures d'intersection effectuées le long d'un segment en centimètre sont converties en centimètres carrés. Elles se rapportent donc à une unité de surface théorique de 1.000 centimètres carrés.

Parker et Savage (1944) utilisent également une bande étroite de 1 centimètre pour la strate herbacée, c'est-à-dire qu'ils tiennent compte de la végétation sur un demi centimètre de part et d'autre du fil d'échantillonnage. Pour la strate arbustive, ils mesurent l'aire de projection des individus sur une surface de 10 centimètres de large et de 10 mètres de long, déterminée à l'aide du même fil d'échantillonnage que celui ayant servi à la mensuration de la végétation herbacée que l'on déplace simplement en hauteur à l'aide des piquets de tension.

L'échantillonnage linéaire est particulièrement recommandé pour les végétations peu denses et composées en grandes parties de plantes vivaces poussant en touffes.

La principale difficulté est encore ici de savoir dans quelles limites on peut compter comme aire couverte, l'espace dénudé, au sein de la touffe représentant le même individu. Chaque observateur suit une règle particulière.

Bien que le facteur individuel intervienne dans la précision des relevés, comme l'ont fait remarquer Parker et Savage, les méthodes utilisant l'échantillonnage linéaire permettent de suivre avec précision les variations de la surface couverte et de la composition floristique.

e) *L'échantillonnage par points (Point method).*

Toujours dans le but de simplifier l'examen quantitatif de la végétation, certains auteurs ont considéré le point comme la plus petite « unité de surface » utilisable. D'où l'expression paradoxale en usage dans les pays de langue anglaise « point quadrat ».

A partir de ce principe Cockayne et Bruce Levy ont mis au point plusieurs méthodes.

On utilise généralement pour déterminer les échantillons, un support métallique sur lequel jouent librement 10 aiguilles d'environ 50 centimètres de long disposées en ligne droite et espacées de 5 centimètres.

Chacune de ces aiguilles désigne sur le sol l'individu constituant l'échantillon.

Nous ne nous étendrons pas sur ces méthodes qui trouvent surtout leur application pour l'appréciation des pâturages denses et courts.

En Nouvelle Zélande elles ont surtout été utilisées pour mesurer les caractéristiques d'une espèce fourragère au sein d'une association.

5° LE POIDS.

Si la surface couverte constitue un bon critère d'appréciation de la « dominance » et a été largement utilisée dans la pratique, le « poids » tend à prendre une importance de plus en plus grande dans l'analyse botanique.

Toutes les méthodes proposées évaluent le poids relatif des espèces composant un groupement floristique, soit par pesées effectives de la végétation coupée et triée, soit par estimation de la végétation coupée, soit par estimation de la végétation sur pied.

Les méthodes pratiquant exclusivement la pesée sont surtout utilisées pour les prairies denses de zone tempérée.

L'échantillonnage est réalisé au hasard, à l'aide d'un gabarit de 6 in × 6 in comme dans la méthode de Stapledon, ou bien sur des surfaces délimitées de 0,25 à 1 acre (Roberts, 1933 et méthode de la Station Expérimentale d'Aberystwyth) sur lesquelles on prélève des échantillons au hasard, sur des surfaces de 12 inches carrés, ou par touffes sans évaluation de la surface.

De Vries pratique l'échantillonnage selon sa technique habituelle en prélevant des touffes disposées à intervalles réguliers sur des lignes équidistantes.

Lorsque la végétation est trop courte, les prélèvements sont faits à l'aide d'un emporte-pièce.

Les échantillons sont ensuite triés par espèce. La pesée peut s'effectuer sur les prélèvements verts ou secs.

Généralement les variations dues à l'évaporation étant considérables, les pesées sont effectuées après dessiccation jusqu'à poids constant dans une étuve.

Ces méthodes sont longues et coûteuses. Le tri des échantillons en particulier est difficile, il reste pour chaque prélèvement un résidu dont l'identification est généralement délicate.

Dans le but de remédier à ces difficultés,

certaines techniques estiment le poids au lieu de le mesurer. Les échantillons sont généralement divisés en petits lots égaux dans lesquels on évalue le poids de chaque constituant.

La somme des résultats trouvés pour chaque lot permet d'obtenir le pourcentage de chaque espèce en poids.

On peut tester la précision des estimations à l'aide de contrôles par pesée effectués sur quelques échantillons.

Cette méthode est de 10 à 20 fois plus rapide que celles utilisant uniquement la pesée. Les estimations peuvent être faites sur les végétaux desséchés ou non.

L'appréciation du pourcentage en poids peut également se faire directement sur la végétation en place, sur des surfaces d'échantillonnage disposées selon des techniques déjà décrites.

Les estimations peuvent arriver à une précision satisfaisante, si les observateurs subissent un entraînement contrôlé par des mesures précises.

En Australie, on admet que cette méthode permet de détecter des variations dans la composition botanique relative, supérieures à 20 p. 100.

On considère que les variations inférieures à ce chiffre sont de peu d'importance du point de vue de l'exploitation des herbages.

Pour R.-E. Wagner le « poids » est le critère le plus précis et le plus significatif, utilisé pour la détermination de la composition botanique des herbages. Cependant il est encore peu employé car les méthodes qui le mettent en œuvre sont longues et onéreuses.

Aussi utilise-t-on plus fréquemment des techniques combinant la pesée et l'estimation.

A Beltsville par exemple, les échantillons récoltés sont séchés et leur composition en poids évaluée par examen direct. Ces estimations sont contrôlées par le tri et la pesée d'un certain nombre d'échantillons pris au hasard.

Cette méthode est particulièrement valable pour l'appréciation d'une végétation hétérogène, pour laquelle il est préférable d'avoir un grand nombre d'estimations plutôt qu'un nombre restreint de mesures précises.

Les méthodes estimatives perdent beaucoup de leur précision lorsque les espèces sont très dispersées et nombreuses ; également lorsqu'il existe une grande différence entre la taille des espèces, les plus grandes masquant les plus petites, on est alors forcé de faire intervenir des coefficients de correction.

III. — CONCLUSION

Dans les limites de cet exposé général, nous n'avons pu faire qu'une simple présentation des principes d'échantillonnage de la végétation et des techniques relatives à l'analyse botanique.

De ces principes, il découle de très nombreuses méthodes pratiques qu'il serait fastidieux d'exposer ici en détail. Aussi préférons-nous renvoyer ceux qui seraient intéressés par leur exposé complet, aux articles originaux dont nous avons dressé la liste des plus importants. (Voir Bibliographie.)

A titre d'exemple, il serait cependant utile de reprendre en détail quelques-unes de ces techniques et d'en faire la critique à la lumière des conditions propres à l'Afrique tropicale.

Nous ne disposons à l'heure actuelle d'aucune méthode pratique éprouvée, pour réaliser l'étude quantitative de la végétation des herbages en A.O.F. Ceci limite considérablement le progrès des recherches relatives à l'utilisation des herbages, à la connaissance de la valeur de leur potentiel alimentaire et à la conduite générale de l'élevage en fonction d'une exploitation rationnelle du milieu.

Nous manquons surtout d'éléments d'observation pour opérer un choix judicieux des techniques de prospection à mettre en œuvre. Ce choix ne peut se faire d'emblée sans le secours de recherches précises.

L'effort doit donc essentiellement porter aujourd'hui sur les études théoriques nécessaires à la mise au point de méthodes pratiques d'évaluation des herbages.

Ce travail préliminaire, souvent considéré comme superflu parce qu'il n'aborde pas directement les problèmes à résoudre, conditionne la recherche pastorale toute entière.

Si nous voulons que les travaux entrepris sur plusieurs points d'un vaste territoire puissent être interprétés dans leur ensemble, et qu'une certaine continuité féconde en enseignements puisse s'affirmer dans le temps, un effort d'organisation et de standardisation des méthodes de travail est indispensable.

Il serait impensable de laisser chaque technicien travaillant isolément improviser ses méthodes de prospection.

Aux Etats-Unis et en Afrique du Sud par exemple, il existe des méthodes officielles ou des techniques recommandées pour l'étude et la surveillance des herbages.

Une simple transposition des méthodes étrangères est impossible car le choix d'une technique de travail est conditionné par de nombreux facteurs. Les caractéristiques de la végétation et des animaux qui lui sont associés, les objectifs à atteindre, la précision demandée, les moyens matériels mis en œuvre sont autant d'éléments déterminants de ce choix.

La revue générale que nous venons d'effectuer montre que nous disposons à l'heure actuelle d'arguments théoriques sur lesquels nous pouvons nous appuyer pour organiser la recherche.

Nous avons vu que nous pouvions faire entrer directement cette dernière dans le domaine pratique, échappant ainsi au cadre trop étroit et souvent peu représentatif des conditions naturelles de la station expérimentale.

Les méthodes phytosociologiques nouvelles nous offrent des techniques particulièrement simples et efficaces pour déterminer des unités représentatives d'étude ayant une réelle signification biologique.

Ces méthodes nous permettent d'envisager dès maintenant d'une manière logique, quelques-uns des plus difficiles problèmes posés par l'élevage, comme l'évaluation de la réserve alimentaire naturelle, son utilisation par l'animal et l'exploitation rationnelle du milieu.

(Laboratoire central de l'Élevage « Georges Curasson » à Dakar. Directeur : P. MORNET.)

BIBLIOGRAPHIE

- ACOCKS (J.-P.-H.). — **Veld Types of South Africa**. — *Bot. Survey Mem.*, 1953, n° 28. Dep. Agric. Div. Bot., Union of South Africa. Pretoria, pp. 192.
- ANDERSON (K.-L.). — **A Comparison of Line Transects and Permanent Quadrats in Evaluating Composition and Density of Pasture Vegetation on the Tall Prairie Grass Type**. *J. Amer. Soc. Agron.*, 1942, **34**, 805-22.
- AUBREVILLE (A.). — **Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale**. Paris, 1949.
- AUBREVILLE (A.). — **Le concept d'association dans la forêt dense équatoriale de la basse Côte d'Ivoire**. *Mém. Soc. Bot. Fr.*, 1950-51, pp. 145-58.
- BLACKMAN (G.-E.). — **A Study by Statistical Methods of the Distribution of Species in Grassland Associations**. *Ann. Bot. Lond.*, 1935, **49**, 749-74 (Append. by M. S. Bartlett 775-7).
- BLAXTER (K.-L.). — **Energy Feeding Standards for Dairy Cattle**. *Nutr. Abst. Rev.*, 1950, **20**, n° 1, 1-21.
- BOOTH (W.-E.). — **Tripod Method of Making Chart Quadrats**. *Ecology*, 1943, **24**, 262.
- BRAUN-BLANQUET (J.). — **Plant Sociology**, 1932, pp. XVIII+439, London (New York); McGraw Hill, 23 × 15 cm (Translated by G.-D. Fuller and H.-S. Conard).
- BRAUN-BLANQUET (J.). — **Ranzensoziologie**. Springer-Verlag-Wien 1951, 1 vol., pp. 631.
- BROWN (D.). — **Methods of Surveying and Measuring Vegetation**. Commonwealth Agricultural Bureaux, 1954, 1 vol., pp. 223.
- CANFIELD (R.-H.). — **Application of the Line Interception Method in Sampling Range Vegetation**. *J. For.*, 1941, **39**, 388-94.
- CANFIELD (R.-H.). — **Sampling Ranges by the Line Interception Method. Plant Cover-Composition-Density-Degree of Forage Use**. *Res. Rep.*, 1942 b, 4, U.S. Dep. Agric. For. Serv., Southwestern For. Range Exp. Stat., pp. 28 (Mimeographed).
- CHEVALIER (A.). — **Les zones et les provinces botaniques de l'A.O.F.** *C.R. Acad. Sci.*, 1900, **130**, 1205-8.
- CHEVALIER (A.). — **Essai d'une carte botanique forestière et pastorale de l'A.O.F.** *C.R. Acad. Sci.*, 1911, **152**.
- CHEVALIER (A.). — **Sur la dégradation des sols tropicaux causée par les feux de brousse et sur les formations végétales régressives qui en sont la conséquence**. *C. R. Acad. Sci.*, 1928, **188**, 84-6.
- CHEVALIER (A.). — **Le territoire géobotanique de l'Afrique tropicale nord-occidentale et ses divisions**. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1933, **80**, 4-26.
- COSTELLO (D.-F.) and KLIPPLE (G.-E.). — **Sampling Intensity in Vegetation Surveys Made by the Square-Foot Density Method**. *J. Amer. Soc. Agron.*, 1939, **31**, 800-10.
- DAVIES (J.-G.) and TRUMBLE (H.-C.). — **Grassland Research in Australia : Notes on the Technique of Pasture Investigations**. Bull. 14, 1934. Imp. Bur. Plant Genetics : Herbage Plants, 23-32.
- DAVIES (W.). — **Methods of Grassland Analysis**. Paper Read at Agric. Educ. Ass., déc. 1928, pp. 15 (Typescript).

- DE VRIES (D.-M.). — **De rangorde-methode. Een schattings-methode voor plantkundig graslandonderzoek met volgorde-bepaling** (The Rank Method. A Method of Estimating the Botanical Composition of Grassland by Determining the Order of Precedence). *Versl. Rijkslandb Proefsta., 's-Grav., 1933, n° 39 A, 1-24.*
- DE VRIES (D.-M.). — **Werkwijzen, gebruikelijk bij het plantkundig graslandonderzoek aan het Rijkslandbouwproefstation voor Akker — en Weidebouw te Groningen** (The Botanical Analysis of Grassland ; Methods Employed by the Government Agricultural Experiment Station, Groningen). *Ned. kruidk. Arch., 1936, 46, 398-401.*
- DE VRIES (D.-M.). — **Methods Used in Scientific Plant Sociology and in Agricultural Botanical Grassland Research.** *Herb. Rev., 1937 a, 5, 187-93.*
- DE VRIES (D.-M.). — **De drooggewichtsanalytische methode van botanisch graslandonderzoek voor beweid land** (The Dry-Weight Analysis Method of Studying the Botanical Composition of Pasture). *Versl. Rijkslandb Proefsta. 's-Grav., 1940 b, n° 46 (1) A, 1-19.*
- DE VRIES (D.-M.), HART (M.-L.) and KRULINE (A.-A.). — **Een waardeering van grasland op grond van de plantkundige samenstelling.** (Valuation of Grassland Based on its Botanical Composition). *Landbouwk. Tijdschr., 1942, 54, 245-65.*
- DOBBS (C.-G.). — **The Vegetation of Cape Napier, Spitzbergen.** *J. Ecol., 1939, 27, 126-48.*
- EMBERGER (L.). — **Observations phytosociologiques dans la forêt dense équatoriale.** *Inst. Grand Duc. Luxembourg, Sec. Sci., Archives, 1950, 19, 119.*
- GLEASON (H.-A.). — **The Significance of Raunkiaer's Law of Frequency.** *Ecology, 1929, 10, 406-8.*
- GUINOCHET (M.). — **Logique et dynamique du peuplement végétal.** 1 vol., 1955, Masson et Cie, Paris.
- GUINOCHET (M.). — **Sur les fondements statistiques de la phytosociologie et quelques-unes de leurs conséquences.** Aktuelle Probleme der Pflanzensoziologie. *Veröff. d. Geobot. Inst. R bel in Zurich, 1954, 29, 41-67.*
- HANSON (H.-C.) et BALL (W.-S.). — **An Application of Raunkiaer's Law of Frequency to Grazing Studies.** *Ecology, 1928, 9, 4, 467-73.*
- HEDIN (L.) et LEFEBVRE. — **Les méthodes d'analyse botanique dans l'étude agronomique des prairies.** *Ann. I.N.R.A., série B, 1951, 376-407.*
- HILL (R.-R.). — **Charting Quadrats with a Pantograph.** *Ecology, 1920, 1, 270-3.*
- JACCARD (P.). — **Distribution de la flore alpine** (Distribution of an Alpine Flora). *Bull. Soc. vaud. Sci. nat., 1901, 37, 239-72.*
- JOHNSON (L.). — **An Instrument for List Charting.** *Ecology, 1927, 8, 282-3.*
- KENOYER (L.-A.). — **A Study of Raunkiaer's Law of Frequency.** *Ecology, 1927, 8, 341-9.*
- LAUMONT (P.) et GUIET (M.). — **Les principes de l'étude agronomique du « Range ».** *Ann. de Inst. Agric. d'Algérie, 1953, 7, fasc. 10, 1953.*
- LEROY (J.-F.). — **Remarques sur la signification des données statistiques dans les groupements végétaux.** *Bull. Soc. Bot. Fr., 1950, 97, 166-7.*
- MANGENOT (G.), MIEGE (J.) et AUBERT (G.). — **Les éléments floristiques de la basse Côte d'Ivoire et leur répartition.** *C. R. Soc. Biogéogr., 1948, 212-214, p. 30-4.*
- NIELEN (G.-C.-J.-F.) and DIRVEN (J.-G.-P.). — **De nauwkeurigheid van de plantensociologische 1.4 dm² frequentie-methode.** (The Accuracy of the 25 cm² Specific Frequency Method). *Versl. landbouwk. Onderz., 1950, 56, 13.*
- PARKER (K.-W.) and SAVAGE (D.-A.). — **Reliability of the Line Interception Method in Measuring Vegetation on the Southern Great Plains.** *J. Amer. Soc. Agron., 1944, 36, 97-110.*
- PENFOUND (W.-T.). — **A study of Phytosociological Relationships by Means of Aggregations of Coloured Cards.** *Ecology, 1945, 26, 38-57.*
- PIDGEON Ilma (M.) and ASHBY (E.). — **Studies in Applied Ecology. A Statistical Analysis of Regeneration Following Protection from Grazing.** *Proc. Linn. Soc. N.S.W., 1940, 65, 123-43.*
- PIDGEON Ilma (M.) and ASHBY (E.). — **A New Quantitative Method of Analysis of Plant Communities.** *Aust. J. Sci., 1942, 5, 19-21.*
- POLYA (G.). — **Sur quelques points de la théorie des probabilités** (Concerning Some Aspects of the Theory of Probabilities). *Ann. Inst. Poincaré, 1931, 1, 117-62.*

- RAUNKIAER (C.). — **Formationsundersogelse og Formationstatistik** (Investigations and Statistics of Plant Formations). *Bot. Tidsskr.*, 1909, 30.
- RAUNKIAER (C.). — **Recherches statistiques sur les formations végétales** (Statistical Researches on Plant Formations). *K. danske vidensk. Selsk. Biol.*, 1918, 1, 3, pp. 80.
- ROBERTY (G.). — **Contribution à l'étude phytosociologique de l'Afrique occidentale française**. *Candollea*, VII, Genève, 1940, 83-137.
- SAMPSON (A.-W.). — **Range Management**. John. Willy and Son Inc, New York Chapman and Hall, Limited, London, 1952, 570.
- SCHNELL (R.). — **Sur l'origine des savanes de la région des monts Nimba (Guinée française)**. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1945, 92, 249-51.
- SCHNELL (R.). — **Remarques sur la recherche d'unités phytosociologiques dans la forêt dense guinéo-équatoriale**. Confér. Intern. Africanistes de l'Ouest, Fernando-Po, 1951.
- STAPLEDON (R.-G.). — **Pasture Problems. Drought Resistance**. *J. Agric. Sci.*, 1913, 5, 129-51.
- STAPLEDON (R.-G.). — **Characters which Determine the Economic Value of Grasses. III. Tiller Production and Powers of Resistance to Repeated Defoliation**. *J. Minist. Agric.*, 1927, 34, 146-54.
- STEWART (G.) and HUTCHINGS (S.-S.). — **The Point-Observation-Plot (Square Foot Density) Method of Vegetation Survey**. *J. Amer. Soc. Agron.*, 1936, 28, 714-26.
- TROCHAIN (J.). — **Nomenclature et classification des types de végétation en Afrique Noire occidentale et centrale**. *Ann. Univ. Montpellier, Suppl. Scient., Série Bot.*, fasc. 2, 1946, 35-41.
- TROCHAIN (J.). — **Nomenclature et classification des types de végétation en Afrique Noire française (2^e note)**. *Bull. Inst. Et. Centrafr.*, 1951, 2, 9-18.
- TROCHAIN (J.). — **Les territoires phytogéographiques de l'Afrique Noire française d'après leur pluviométrie**. *Rev. Trav. Lab. Fac. Sci. Montpellier, Série Bot.*, 1952, 5, 113-24, 1 carte.
- TROCHAIN (J.). — **Nomenclature et classification des milieux végétaux en Afrique Noire française**. Colloque sur les régions écologiques du globe, Paris, juillet 1954. *Ann. Biol.*, 1955, 31, fasc. 5-6.
- WAGNER (R.-E.). — **Weight Estimation and Other Procedures for Measuring the Botanical Composition of Pastures**. Proceedings of the Sixth International Grassland Congress, 1952, Vol. II, 1315-21.