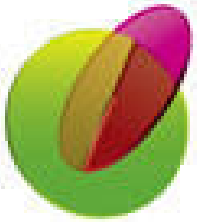
Prairies & Pâturages

Méthodes d'étude de terrain
et
Interprétations

Philippe DAGET, Jacques POISSONET & Johann HUGUENIN

2010



cirad

LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

UMR - Selmet

Systèmes d'élevage
méditerranéens
et tropicaux

Emvt

Cnrs / Cirad

Le raisonnement ne pourra conduire qu'à l'erreur toutes les fois que les notions ou les faits sur lesquels il s'appuie seront entachés d'erreur ou d'inexactitude. C'est pourquoi l'art d'obtenir des expériences rigoureuses et bien déterminées est la base de la méthode expérimentale.

Cl. Bernard

Liste des chapitres

- 0 – Introduction
- 1 – Prairies et pâturages
- 2 – Analyse de la station et de sa flore
- 3 – Analyse de la végétation : matériels 1° Partie
- 4 - Analyse de la végétation : matériels 2° Partie
- 5 – Analyse de la végétation : interprétations
- 6– Valeur pastorale
- 7 – Appréciation de la production des pâturages
- 8 – Dynamique de la végétation
- 9 – Cartographie des pâturages
- 10- Enquête pastorale
- 11– Conclusions : le bilan pastoral
- 12 – Bibliographie
- Annexe A : Indices spécifiques
- Annexe B : Les auteurs

Table des matières

Introduction 0.04

Présentation de l'ouvrage 0.05
Ce qu'il ne faut pas chercher ici 0.06
Ce qu'on pourra trouver ici 0.07

Chapitre I - Prairies et pâturages 1.01

1.1- Les classifications 1.04
1.2- La classification des formations 1.06
12.1 - Notion de formation végétale 1.06
12.2 - La classification 1.07
122.1 - Les formations "pures" 1.07
122.2 - Les formations"complexes" 1.15
12.3 - Cas des végétations très clairsemées 1.22
1.3 - Les classifications spécialisées 1.27
13.1- Pour les régions tropicales 1.27
131.1 - Classification de Yangambi 1.27
1311.1 - Savane 1.29
1311.2 - Steppe 1.30
1311.3 - Prairie 1.31
1311.4 - Conclusion sur le système de Yangambi 1.32
131.2 - Les types et spectres biologiques 1.33
1312.1 - Les principes fondamentaux 1.33
1312.2 - La typologie standard 1.34
1312.3 - Les types de spectres biologiques 1.38
131.3 - Autre mode de typification des strates 1.40
131.4 - Classification des formations herbeuses 1.42
13.2 - Classifications pour les régions tempérées 1.48
132.1 - Classification britannique 1.48
132.2 - Classification belge 1.54
1.4 - La classification phytosociologique 1.57

Chapitre 2 Analyse de la station et de sa flore 2.01

2.1 - Description de la station 2.04

21.1 - Approche mésologique 2.04
211.1 - Principes généraux 2.04
211.2 - Organisation d'une campagne de terrain 2.08
2112.1 - Principe de base 2.08
2112.2 - Plan d'échantillonnage 2.09
2112.3 - Localisation et repérage des relevés 2.13
21.2 - Approche pastorale 2.14
2.2 - Analyse de la flore 2.17
22.1 - A quel moment faire les observations ? 2.21
22.2 - Déterminations floristiques 2.24
222.1 - Formations herbacées denses 2.25
222.2 - En régions méditerranéenne et tropicale 2.30
22.3 - Modalités de l'inventaire floristique 2.34
223.1 - Implantation et repérage du relevé 2.34
223.2 - Grille de carrés emboîtés 2.38
223.3 - Dans le relevé phytoécologique 2.41
2.3 - Caractérisation synthétique de la flore 2.45
23.1 - La biodiversité 2.45
231.1 - Richesse floristique 2.45
231.2- Diversité florale 2.53
23.2- La courbe aires-espèces 2.56
232.1 - Une steppe de Mongolie et l'approche phytosociologique 2.57
232.2 - Une prairie de montagne et l'approche écologique 2.60
232.3 - Une savane de Côte d'Ivoire et les aires optimales 2.64
232.4 - Spectres floraux 2.71
232.5 - Spectres biologiques de Raunkiaer 2.73
2.4 - Analyse phytosociologique et analyse écologique 2.74

Chapitre 3 - Analyse de la végétation (1° partie) 3.01

3.1- De la flore à la végétation 3.04
3.2 - Dénombrements directs 3.07
32.1 - dénombrements complets 3.07
32.2 - Dénombrements partiels 3.10
3.3 - Abondance-dominance 3.15
3.4 - Mesure de la hauteur 3.21
34.1 - Mesure directe 3.21
34.2 - Mesure synthétique 3.23
3.5 - Mesure de volume 3.25
3.6 - Relations d'alométrie 3.27
36.1 - dans les herbages 3.27
36.2 - Arbres fourragers 3.29
362.1 - Notion d'arbre fourrager 3.28
362.2 - L'arbre fourrager en région aride 3.28

362.3 - L'arbre fourrager dans le pâturage 3.33
362.4 - Potentiel fourrager des arbres 3.35
3624.1 - Méthodes directes 3.36
3624.2 - Méthodes indirectes 3.36
3.7 - Fréquences spécifiques 3.38
37.1 - Répartition 3.38
37.2 - Taille des unités d'échantillonnage 3.41
37.3 - Nombre d'unités d'échantillonnage 3.41
3.8 - Matériels d'étude des fréquences 3.42
38.1 - Surfaces contiguës 3.42
381.1 - Grilles de carrés contigus 3.42
381.2 - Grilles déformées 3.44
381.3 - Segments contigus 3.46
381.4- Ligne d'interception 3.50
38.2 - Surfaces séparées 3.55
382.1 - Quadrats 3.56
3821.1 - Un quadrat élémentaire 3.58
3821.2 - Quadrats pliants 3.60
3821.3 - Quadrat à surfaces emboîtées 3.61
3821.4 - Quadrat en U 3.61
382.2 - Jet d'anneaux 3.67
382.1 - Emporte-pièce 3.68
382.4 - Pincées 3.72
382.5 - Collecte du berger 3.73
382.6 - La "loop method" 3.74
382.7 - Méthode de Parker 3.75

Chapitre IV - Analyse de la végétation (2° partie) 4.01

4.1 - Les points quadrats 4.04
41.1 - Les méthodes de points quadrats dans les pâturages ouverts 4.05
411.1 - La canne pointue 4.05
411.2 - La roue à pointes 4.07
411.3 - Le peigne mobile 4.11
41.2 - Les méthodes de points quadrats dans les formations herbacées denses . . 4.11
412.1 - Points quadrats verticaux 4.11
4121.1 - Le systeme de Levy 4.13
4121.2 -L'appareil de Deschênes 4.15
4121.3 - Le bâti de Poissonet-Ogereau 4.17
41.3 - Application aux végétations élevées 4.22
4.2 - Les points quadrats obliques 4.25
42.1 - L'appareil de l'Université McGill 4.26
42.2 - L'appareil de Warren-Wilson 4.26
42.3 - Points quadrats obliques de terrain 4.28
4.3 - Le double-mètre et la baïonnette 4.31

43.1 - Le double-mètre 4.31
43.2 - La baïonnette 4.34
4.4 - Un problème commun aux méthodes avec aiguilles 4.36
44.1 - Points quadrats obliques 4.37
441.1 - Crosswire signting tube 4.37
441.2 - Focal point technique 4.39
441.3 - La lunette de Morrisson 4.41
44.2 - Caractérisation des végétation herbacées très hautes 4.43
4.5 - Adaptation des méthodes précédentes aux formations ligneuses 4.43
45.1 - Points quadrats et segments 4.43
451.1 - En végétation ligneuse base 4.43
4511.1 - La canne à bulle 4.44
4511.2 - La jauge de Cooper 4.45
451.2 - Cas de formations ligneuses basses et très denses 4.49
451.3 - En végétations ligneuses hautes 4.51
45.2 - Stratification 4.55
45.3 - Biovolume 4.57
453.1 - Placeaux 4.59
453.2 - Enveloppes géométriques 4.61
453.3 - Alométrie 4.61
4.6 - Méthodes particulières 4.64
46.1 - Méthode des distances 4.64
461.1 - Principes 4.64
461.2 - Réalisation pratique 4.66
461.3 - Une méthode dérivée : les centres alignés 4.69
461.4 - Problème posé par ces méthodes 4.69
46.2 - Méthode des distances orthogonales 4.70
462.1 - Principes 4.70
462.2 - Mode de mesure des distances dans la méthode MDO 4.71
46.3 - Méthodes électroniques 4.73
463.1 - Herbomètre 4.73
463.2 - Biomètre 4.73
46.4 - Le LAI-2000 : un analyseur de la voûte foliaire 4.75
464.1 - Description de l'appareil 4.75
464.2 - Réalisation des mesures 4.77
4642.1 - Conditions météo 4.78
4642.2 - Dimensions de la station 4.79
4642.3 - Champ de vision du détecteur 4.80
4642.4 - Hauteur du couvert 4.80
4642.5 - Structure du couvert 4.82
4642.6 - Taille du feuillage 4.83
464.2 - Avantage du LAI-2000 . . . . . 4.83
464.3 - Problèmes posés par le LAI-2000 . . . . . 4.84
4643.1 - Hypothèses structurelles 4.84
4643.2 - Peuplements naturels 4.85
4.7 - Comparaison des méthodes 4.86

4.8 - Analyse de l'enracinement 4.91
48.1 - Analyse du réseau racinaire 4.94
48.2 - Profil racinaire 4.94
482.1 - Prélèvements horizontaux 4.94
482.2 - Prélèvements verticaux 4.95
482.3- Lavage des racines 4.99

Chapitre V - Analyse de la végétation : Interprétation structurelle des observations 5.01

5.1 - Résultats des mesures 5.04
51.1 - Quelques définitions 5.04
511.1 Probabilités de présence 5.07
511.2 - Précision des mesures 5.09
511.3 - Nombre de points 5.10
5.2 Résultats généraux 5.13
52.1 - Les principaux paramètres descriptifs de la végétation 5.13
52.2 - Analyse du nombre d'espèces par unité d'échantillonnage 5.19
52.3 - Un modèle de la courbe aire-espèce 5.22
5.3 - Relations entre les paramètres structuraux 5.26
53.1 - Quelques cas concrets 5.26
531.1 - Une savane 5.26
531.2 - Une prairie de montagne 5.33
53.2 - Homogénéité et hétérogénéité 5.33
532.1 - Hétérogénéité maximale 5.35
532.2 - Répartition spatiale 5.37
532.3 - Exemple de la pelouse à Acacia caven du Chili 5.39
53.3 - Lois de hiérarchie 5.45
533.1 Lois de contributions 5.47
533.2 Lois des productions spécifiques 5.50
5.4 - Relations d'équilibre 5.51
54.1 - Nature des relations 5.51
541.1 - Exemple d'une pelouse du Cantal 5.51
54.2 - Evolution des relations d'équilibre 5.54
542.1 - Un cas d'hétérogénéité exogène 5.54
542.2 - Hétérogénéité endogène 5.56
5.5 - Indice foliaire 5.57
5.6 - Densité 5.59
56.1 - Dénombrements 5.59
561.1 Dénombrements exhaustifs 5.59
561.2 - Echantillonnage 5.60
56.2 - Méthode des distances 5.63
562.1 - Formules usuelles 5.63

562.2 - Un estimateur de la densité 5.65
5622.1 - L'estimateur 5.65
5622.2 - Exemple 5.67
5.7 - Arbres fourragers 5.68
57.1 - Approche morphologique de la production 5.69
57.2 - Approche climatique de la production 5.71
572.1 - Production de feuillage 5.71
572.2 - Production de semences 5.74
5.8 - Enracinements 5.75
58.1 - Principes 5.75
58.2 - Quelques cas concrets 5.75
582.1 - Exemple d'une savane de Guinée 5.78
582.2 - Exemple d'une pelouse de montagne aux Etats Unis 5.79
58.2 - Le pastoraliste et les racines 5.81
5.9 - Etat des prairies semées 5.82
59.1 - Principes 5.82
59.2 -Définitions 5.83
591.1 - Degré de salissement 5.83
591.2 - Degré de dégradation 5.84
59.2 - Exemples pratiques 5.85
592.1 - En régions tempérées 5.85
5921.1 - Une prairie propre et dégradée 5.85
5921.2 - Une prairie sale et peu dégradée 5.86
592.2 - En régions tropicales 5.88

Chapitre VI - Valeur pastorale 6.01

Introduction 6.04
6.1- Caractérisation des espèces du pâturage 6.05
61.1 - Quelques notions générales 6.05
61.2 - Indices spécifiques de qualité 6.07
61.3 - Un système antérieur 6.12
6.2 - Caractérisation de la végétation du pâturage 6.13
62.1 - Concept de valeur pastorale 6.13
62.2 - Modalités du calcul 6.14
62.3 - Exemples de calcul 6.16
623.1 - Valeur pastorale d'une prairie homogène 6.16
623.2 - Valeur pastorale de la végétation des steppes 6.16
6232.1 - Une steppe algérienne 6.16
6232.2 - Une steppe éthiopienne 6.19
62.4 - Valeur pastorale de l'herbe et valeur de l'herbage 6.19
624.1 - Présence de rochers 6.21
624.2 - Présence de sol nu 6.22
624.3 - Hétérogénéité de la parcelle 6.24
6.3 - Généralisation spatiale 6.28

63.1 - Valeur pastorale moyenne d'une exploitation 6.28
63.2 - Valeur pastorale moyenne d'une région 6.29
6.4 - Discussion de la valeur pastorale 6.30
64.1 - Rationalisation possible des indices de qualité 6.30
64.2 - Un mode de calcul analytique 6.32
64.3 - Critique de la valeur pastorale 6.34
6.5 - Comparaison des pâturages d'une région 6.39
65.1 - Diagramme de constitution pastorale 6.39
65.2 - Spectre pastoral 6.40
652.1 - Construction du spectre 6.40
652.2 - Spectre régional 6.48
652.3 - Détermination du spectre optimal 6.50
652.4 - Indice d'intensité d'exploitation pastorale 6.54
65.3 - Modélisation 6.54
653.1 - Approche simplifiée du modèle 6.55
653.2 - Approche réaliste mais complexe du modèle 6.60
6532.1 - Espèces d'indices 1 et 2 . . . . . 6.60
6232.2 - Espèces d'indices 3 et 4 . . . . . 6.61
6532.3 - Très bonnes espèces 6.62
6532.4 - Espèces sans valeur pastorale 6.64
653.3 - Validation du modèle 6.66
653.4 - Remarques sur ce modèle 6.68
653.5 - Réponses à quelques critiques opposées au modèle 6.69
6.6 - Valeur pastorale et plan d'amélioration 6.70
6.7 - Une autre mesure de la valeur d'un pâturage 6.71
67.1 - Principe de la mesure 6.71
67.2 - Exemple pratique 6.72
67.3 - Commentaires 6.72
6.8 - Un procédé simplifié utilisé en Afrique tropicale 6.75
68.1 - Savanes soudaniennes ou guinéennes 6.75
68.2 - Steppes sahéliennes ou sahélo-sahariennes 6.77
6.9 - Conclusion sur la valeur pastorale 6.78

Chapitre VII - Appréciation de la production des pâturage 7.01

7.1 - Le problème 7.04
7.2 - Mesures directes sur la végétation 7.07
72.1 - Placeaux 7.07
721.1 - Description 7.07
721.2 - Séchage 70.8
72.2 - Les disques 7.11
72.3 - Les cages 7.12
723.1 - Description 7.12
723.2 - Critique 7.20
7.3 - Mesures indirectes sur la végétation 7.30

73.1 - Charge 7.30
731.1 - Concept et unités 7.30
731.2 - Commentaires 7.33
731.3 - Calcul de la charge en UGB 7.38
7313.1 - Principes du calcul 7.38
7313.2 - Exemple de calcul 7.39
731.4 - Quelques correctifs 7.44
731.5 - Exemple de la production nette d'une exploitation 7.45
73.2 - Synthèse 7.46
73.3 - Charge et production animale 7.46
7.4 - Productions spécifiques 7.47
7.5 - Gestion de la charge 7.48

Chapitre VIII - Dynamique de la végétation et des pâturages . . 8.01

8.1 - Introduction 8.04
8.2 - Approches globales 8.07
82.1 - Comparaison de deux relevés faits à des dates différentes 8.07
821.1 Méthode d'approche 8.07
8211.1 - Différences entre flores 8.08
8211.2 - Différences entre masses végétales 8.09
8211.3 - Différences entre stratifications 8.10
821.2 - Application 8.11
821.3 - Le recouvrement global et le sol nu 8.14
82.2 - Changements dans la flore 8.15
8.3 - Modifications de la structure 8.19
83.1 - Distribution des fréquences 8.19
831.1 - Hiérarchie des espèces 8.19
831.2 - Aspects spécifiques 8.21
8312.1 - Principes dla la méthode employée 8.21
8312.2 - Signification des décalages observés 8.24
8312.3 - Commentaires 8.26
831.3 - Evolution des recouvrements 8.28
83.2 - Exemples pratiques
832.1 - Un exemple dans l'est de la france 8.33
8321.1 - Les données 8.33
8321.2 - Interprétations 8.36
832.2 - Un autre exemple 8.38
8.4 - Evolution des relations interspécifiques 8.42
84.1 - Principes d'une approche globale 8.42
84.2 - Application à un pâturage de la zone atlantique 8.43
84.3 - Application à un herbage méditerranéen du Chili 8.57
84.4 - Application à une steppe sahélienne 8.57
8.5 - Suivi de la biomasse des pâturages 8.62
85.1 - Biomasse herbacée 8.62

851.1 - Végétations basses 8.63
852.2 - Végétations hautes 8.65
852.3 - Caractérisation de la production herbacée 8.66
85.2 - Strate ligneuse 8.67
852.1- Les ligneux hauts dans les pâturages 8.67
852.2 - Modalités du suivi des ligneux 8.71
8522.1 - Par dénombrements 8.71
8522.2 - Par transects 8.73
8.6 - Aléas climatiques, flore et végétations 8.74
86.1 - En savane sahélienne 8.74
86.2 - En zone atlantique 8.77
862.1 - Production primaire 8.77
862.2 - Recouvrements 8.78
8.7 - La dégradation par le surpâturage 8.82
87.1 - Cas des puits dans les steppes de l'Asie centrale 8.82
87.2 - Cas des puits en régions tropicales 8.89
872.1 - Régions humides 8.89
872.2 - Régions sèches 8.89
87.3 - Cas des régions tempérées 8.93
8.8 - Place des pâturages dans la dynamique des pâturages 8.94
88.1 - Ecesis 8.94
88.2 - Déprise pastorale 8.96
882.1 - Dans les régions tempérées 8.96
8821.1 - Alpages 8.96
8821.2 - Estives 8.99
8821.3 - Parcours collinéens 8.101
882.2 - Régions tropicales humides 8.101
8822.1 - Dégradation des savanes par le sous-pâturage 8.102
8822.2 - Dégradation des savanes par le sur-pâturage 8.103
8822.3 - Règles de restauration des savanes humides 8.105

Chapitre IX - Cartographie des pâturages 9.01

9.1 - L'occupation des terres 9.04
91.1 - Principes 9.04
91.2 - Application en milieu tempéré 9.07
91.3 - Application en milieu tropical 9.16
91.4 - Quelques autres exemples 9.21
9.2 - Cartographie phytosociologique 9.23
92.1 - Cartographie des groupements végétaux 9.23
92.2 - Carte des faciès de végétation 9.24
92.3 - Cartographie du tapis végétal 9.24
92.4 - Remarque générale 9.26
9.3 - Carte des groupes écologiques 9.27
93.1 - Principe 9.27
93.2 - Application 9.29

93.3 - Commentaires 9.31
9.4 - Cartes pastorales 9.33
94.1 - La carte pastorale de l'Algérie 9.33
94.2 - Les Cartes pastorales de l'EMVT 9.37
94.3 - La carte pastorale du Borkou-Ennedi-Tibesti 9.39
943.1- Préinterprétation 9.39
943.2 - Inventaires de terrain 9.40
943.3 - Potentialité et caractéristiques pastorales 9.40
943.4 - Classes de potentialité 9.43
9.5 - Carte de la production pastorale 9.49
9.6 - Cartes des Atlas pastoraux 9.54
9.7 - Cartes évolutives 9.55
9.8 - Pour une exploitation des cartes pastorales 9.58
98.1 - Cartes de végétation 9.58
98.2 - Cartes de production 9.60
98.3 - Cartes de la valeur pastorale et des potentialités 9.60
9.9 - Appréciation de la valeur régionale 9.61

Chapitre X- Enquête pastorale 10.01

10.1 - Introduction 10.01
10.2 - Objectifs de l'enquête pastorale 10.03
10.3 - Réalisation de l'enquête pastorale 10.14
103.1 - Préparation de l'enquête 10.14
103.2 - L'enquête phytoécologique 10.16
103.3 - Les investigations auprès de l'éleveur 10.17
1033.1 - D'abord : établir un questionnaire 10.17
1033.2 - Puis : le dialogue avec l'éleveur 10.19
10332.1 - L'observation participante 10.19
10332.2 - L'interrogatoire 10.20
10332.3 - L'entretien 10.23
10.4 - Et quand il n'y a pas de pasteur ? 10.29
10.5 - Conclusion du chapitre 10.33

Chapitre XI - Conclusion : le bilan pastoral 11.01

11.1 - De l'analyse stationnelle au bilan pastoral 11.04
11.2 - Principes généraux 11.05
112.1 - Les impacts de l'homme 11.05
112.2 - Une réalisation générale 11.06
11.3 - Etablissement du bilan pastoral 11.10
113.1 - Le bilan pastoral au niveau parcellaire 11.10
113.2 - Le bilan pastoral au niveau de l'exploitation 11.14
113.3 - Le bilan pastoral au niveau régional 11.16

1133.1 - Localisation 11.16
1133.2 - Principales caractéristiques mésologiques 11.17
1133.3 - Bilan pastoral des bonnes années 11.18
1133.4 - Bilan pastoral des mauvaises années 11.19
113.4 - Interprétation esquisse d'une stratégie d'aménagement 11.19
11.4 - En guise d'épilogue 11.22

Chapitre XII - Bibliographie

Annexe I - Indices spécifiques

Flore de la zone méditerranéenne sèche 3
Flore de la zone méditerranéenne humide 19
Flore des régions sub-humides du Chili 34
Flore des pâturages de la vallée du Khoram - Iran 37
Flore de l'Ile de Pâques 41
Flore des régions tropicales africaines 42
Flore des hauts plateaux de Mongolie 50
Flore des pâturages de l'Uruguay 56

Annexe II - Les auteurs

Cantal – Plateau de Salers – Photo Daget

Introduction

- Présentation de l'ouvrage……...5
- Ce qu'il ne faut pas chercher ici……6
- Ce qu'on pourra trouver ici……7
- Avertissement……8

Présentation de l'ouvrage

Définir la steppe, la savane ou la prairie pose des problèmes difficiles ; des discussions très chaudes et sans fin ont eu lieu pour le faire, comme autour de bien d'autres formations, par exemple les matorrals. Les pâturages, objet de cet ouvrage, ne demandent pas une longue définition ; ce sont les surfaces broutées par du bétail domestique. Ils peuvent être couverts d'un gazon herbacé, comporter ou non des arbres; ils peuvent être entièrement couverts de végétation ou laisser voir le sol minéral par plages plus ou moins importantes, être sous climat méditerranéen ou tropical, continental ou océanique, en régions sub-désertiques chaudes ou sub-polaires, au niveau de la mer ou au bord des neiges éternelles ; cela n'intervient pas dans le fait, pour un espace, d'être ou de ne pas être un pâturage. Seul est à prendre en compte le bétail domestique. Si le produit végétal d'un espace particulier lui est proposé sur pied à la dépaissance, ou devrait l'être, de manière permanente ou temporaire, alors il s'agit d'un pâturage.

Cet ouvrage est donc consacré aux pâturages, mais sous quelle forme et que peut-on en attendre ?

Ce qu'il ne faut pas chercher ici

Tout d'abord, le lecteur ne trouvera pas dans notre ouvrage de conseils ou de consignes pour la gestion de ses pâturages. Il n'est pas question pour nous de rédiger un ouvrage de pratologie[1] mais de méthodologie pastorale. Mais, même sur le plan de la méthode, bien des points qui concernent les prés sont laissés délibérément de côté. C'est ainsi que nous n'aborderons pas l'étude du comportement des animaux domestiques qui pâturent, ni celle des animaux sauvages, parasites ou non, même si leur biomasse consommante s'approche de celle du troupeau comme c'est le cas des vers de terre en région humide. Nous laissons de côté le fonctionnement physiologique des plantes qui constituent le gazon pâturé, ses contraintes, ses limites. Notre travail n'abordera pas ou peu les problèmes de modélisation, qu'elles concernent l'écosystème pour les théoriciens ou l'exploitation pour les agro-économistes. Nous ne donnerons pas non plus de typologie générale des pâturages ou des prairies dans le monde avec situation, composition floristique, production, contraintes, etc. Enfin, nous n'expliquerons pas au lecteur comment analyser le comportement écologique des plantes qu'il rencontre. Tout ceci fait partie d'autres spécialités ou est déjà amplement traité par ailleurs.

[1] -Gestion des prés et des prairies pour nos amis belges ; c'est un mot heureux qui manque aux agronomes français ou formés en France

Ce qu'on pourra trouver ici

Alors qu'y a-t-il dans cet guide ? Il est consacré à ce qui doit être connu pour étudier le gazon d'un pâturage :

- que faut-il prendre en compte ?
- quels matériels faut-il utiliser ?
- quels sont les avantages et les inconvénients de chacun ?
- quelles données peuvent-ils fournir ?
- comment récolter ces observations ?
- comment les comprendre, les interpréter pour juger de la qualité d'un pâturage et suivre son évolution où qu'il soit situé dans le monde ?

L'accent sera mis sur l'exploitation par des **bovidés**

Avertissement

L'imprécision des noms vernaculaires, ou vulgaires, des plantes fait que plusieurs espèces botaniques peuvent être désignées par le même nom (poil de chien pour toutes les graminées à limbe sétacé) et que des noms différents peuvent correspondre à une seule espèce, par exemple d'un endroit à l'autre, ou, comme c'est souvent le cas dans les dialectes locaux, d'un stade phénologique à l'autre suivant leur valeur nutritive. Enfin, il y a des espèces qui n'ont même pas de nom. C'est pour porter remède à cette situation que Linné a imaginé sa nomenclature latine. Une francisation des terminaisons latines n'est pas une nomenclature française, qui n'existe pas de toutes manières, mais un penchant laxiste fâcheux lancé par de Candolle et malencontreusement trop souvent suivi depuis. La nomenclature officielle est déjà complexe, parfois fluctuante au gré de l'évolution des connaissances, souvent semée de pièges et il est inutile d'en ajouter par des "traductions" qui n'en sont souvent pas et qui, parfois "traduisent" un nom latin dont les spécialistes ont montré qu'il est mauvais, ou "traduisent" de la même manière des noms latins différents correspondant à des plantes différentes (Trèfle des Alpes pour *Trifolium alpinum* et *Trifolium alpestre*).

Cet emploi mal placé du français n'est souvent qu'une forme de paternalisme inconscient. Il n'est pas plus difficile de dire à un pasteur que la plante qu'il regarde s'appelle *Knautia arvensis* que de lui dire que c'est de la Knautie des champs, *Trifolium alpinum* que Trèfle des Alpes (ou des « Basses Alpes », ou « alpin »...) surtout quand il habite le Massif Central ou l'Ardenne ! Et l'expérience a montré que les pasteurs se débrouillent parfaitement avec une nomenclature latine, qu'ils soient peuls, cantaliens, berbères ou mongols.

Des espèces cosmopolites ont le même nom latin dans tous les pays et portent une infinité de noms vernaculaires, pouvant même changer de petite région en petite région. Ainsi, *Dactylis glomerata* correspond à deux noms vernaculaires français : Pied-de-poule et Chiendent-à-bossette, il a un nom francisé et ses sous-espèces en ont d'autres ; il a trois noms vernaculaires anglais, quatre allemands, trois flamands, deux italiens dans la seule Grande Flore de Bonnier... or, il couvre toute l'Europe, l'Asie, le nord de l'Afrique et une large partie de l'Amérique du nord. *Poa pratensis* a cinq noms en anglais, autant en allemand, quatre en flamand et en italien et a la même aire de répartition que *Dactylis glomerata. Poa sylvatica*, synonyme de *Poa chaixii*, se francise en Pâturin des bois, mais *Poa nemoralis* aussi ; or, ce sont deux espèces que même l'observateur le plus superficiel peut aisément distinguer sur le terrain et qui ont des écologies et des valeurs très différentes.

Le problème est le même dans les langues locales africaines : « *n'dangué* » désigne en bambara aussi bien *Schizachyrium sanguineum* que *Dactyloctenium aegyptium*, et ce dernier a cinq autres dénominations dans la même langue ; il y a de très nombreuses langues dans chaque pays... Parfois les nombreux noms se combinent avec des adjectifs qui peuvent correspondre à des états phénologiques, à des ports, à des écomorphes et pour compliquer tout, cet ensemble s'applique aux divers taxons qui se ressemblent...

Cet ouvrage n'utilisera donc que la nomenclature latine qui a été adoptée au niveau international.

Chapitre 1

Prairies et pâturages

Prairie de fauche de la Margeride (France) – Photo Ph. Daget

Liste des paragraphes

- **1.1 - Les classifications……. 1.04**
- **1.2 - La classification des formations…….. 1.06**
- **1.3 – Les classifications spécialisées…… 1.27**
- **1.4 – La classification phytosociologique... 1.58**

1.1 - Les classifications

Pour reprendre notre propos initial, ce qui fait d'un espace rural un pâturage, c'est que sa végétation sert à la nourriture du bétail domestique qui l'y prélève lui-même ; l'homme peut y imposer sa marque autrement qu'en "lâchant son bétail", par une véritable gestion du pâturage qui vise à maintenir le milieu végétal au stade d'évolution le plus apte à nourrir les animaux et le plus productif (voir chapitre 7), bref, par ce qu'on appelle maintenant "ses pratiques". Les plus élémentaires de ces interventions sont le nomadisme et la transhumance où l'intervention de l'homme se situe au niveau du choix de l'utilisation saisonnière des parcours ; le niveau d'artificialisation du milieu y est très réduit tant qu'il n'y a pas surpâturage. Une des interventions parmi les plus intenses correspond au pâturage rationné de prairies artificielles soit par déplacement quotidien de clôture électrique, soit sous la forme du pâturage au piquet, où la culture, la fertilisation, le semis et le piétinement entraînent une artificialisation importante. Ces formes les plus artificialisées relèvent de l'agriculture et non du pastoralisme à proprement parler qui porte sur des végétations spontanées

Mais il y a une très grande variété de ces végétations spontanées et des méthodes de classifications s'imposent pour effectuer les regroupements rationnels nécessaires à des généralisations dans le temps et dans l'espace. De nombreuses typologies sont possibles ; quelques unes seulement, les plus usuelles, seront évoquées ici:

- la classification des **formations végétales**
- la classification des **types physionomiques** de Yangambi
- la classification structurelle des **formations herbeuses**
- la **classification britannique** des prairies tempérées
- la **classification belge** des prairies tempérées
- la **classification phytosociologique**

1.2 - La classification des formations

12.1 – Notion de formation végétale

Le concept de **formation végétale** remonte à Grisebach dans ses premiers travaux de 1838 ; c'est donc l'un des plus anciens de la phytoécologie. Purement descriptif, il est d'un emploi si commode qu'il a souvent été abusif, aussi a-t-il été "enterré" déjà à plusieurs reprises par les spécialistes exigeants : en 1910 par Flahault, en 1922 par Allorge et pour la dernière fois en 1973 par Guinochet. En définitive, selon le Code écologique (1968) :

Une formation végétale est un ensemble de végétaux, qui peuvent appartenir à des espèces différentes, mais qui présentent, pour la plupart, des caractères convergents dans leurs formes, et, parfois, dans leurs comportements.

Trois sortes de végétaux sont retenus pour cette caractérisation :

- les **végétaux herbacés ;**
- les **végétaux ligneux-bas**, dont la hauteur est inférieure à 2 mètres ;
- les **végétaux ligneux-hauts**, dont la hauteur est supérieure à 2 mètres.

Cette caractérisation est indépendante de l'appartenance taxinomique ; ainsi *Quercus ilex* sera un ligneux-bas pendant les 10 ou 15 premières années de sa vie et un ligneux-haut pendant les 150 suivantes. Les palmiers sont assimilés aux arbres et *Chamaerops humilis* est un ligneux-bas tandis que le *Borassus aethiopium* est un ligneux-haut ; les mousses, lichens et hépatiques sont assimilés aux herbacées. Indépendamment aussi de leur petitesse, ainsi *Thymus vulgaris*, *Genista anglica* ou *Salix repens* qui, souvent, ne dépassent pas 10 cm de haut, mais ont une tige ligneuse dure, sont des ligneux-bas.

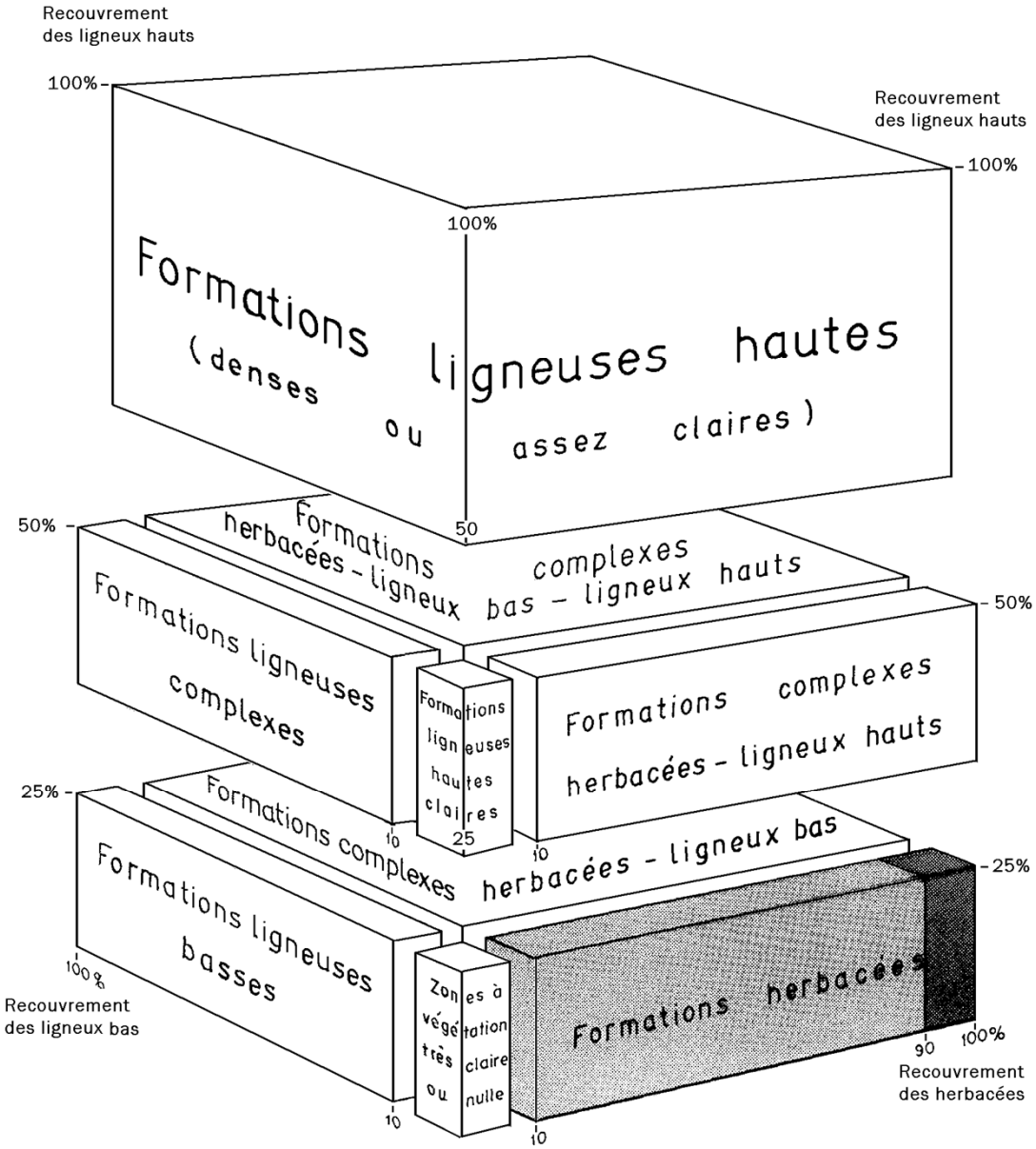
12.2 – La classification

122.1 – Les formations « pures »

On distingue les formations pures des formations complexes. Une formation sera dite **pure** lorsque les végétaux qui la constituent se rattachent massivement à une des trois formes : ligneux haut, ligneux bas, herbacés (figure1.1) ; on aura donc

- les **formations ligneuses hautes** dans lesquelles les ligneux hauts, donc de plus de deux mètres; ont un recouvrement global supérieur à 50 % ;

Figure 1.1 – Organisation tridimentionnelle des formations végétales



- les **formations ligneuses basses** où les ligneux bas ont un recouvrement global supérieur à 10 % tandis que celui des ligneux hauts est inférieur à 25 % et celui des herbacés inférieur à 10 % ;

- les **formations herbacées** où les végétaux herbacés ont un couvert supérieur à 10 %, le recouvrement global des ligneux hauts étant inférieur à 25 % et celui des ligneux bas à 10 %

Parmi les formations ligneuses hautes, les sous-types suivants peuvent être distingués :

les formations ligneuses hautes **denses** lorsque le recouvrement des ligneux hauts est supérieur à 90 %

Les formations ligneuses hautes **peu ouvertes** avec des recouvrements compris entre 75 et 90 % (figure 1.2)

Les formations ligneuses hautes **ouvertes** ou **assez claires** où le recouvrement des ligneux hauts est compris entre 50 et 75 % (figure 1.3)

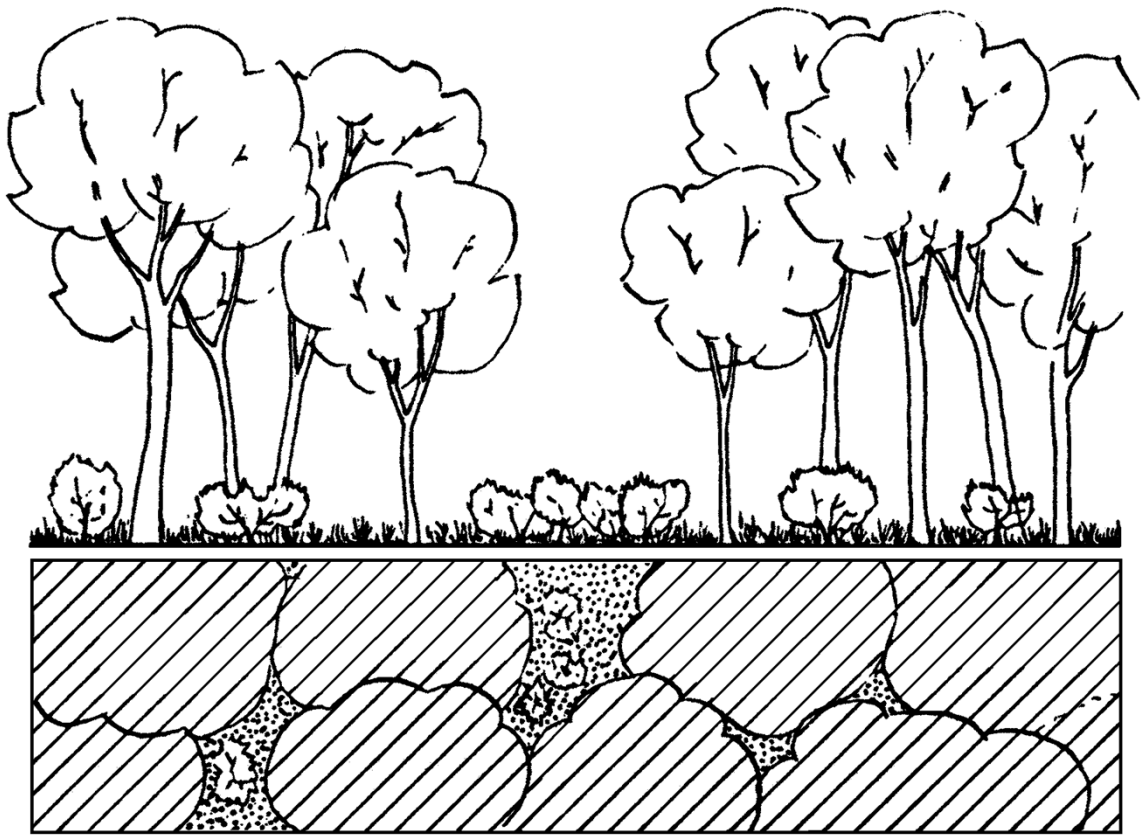


Figure 1.2 – Schéma des formations ligneuses hautes peu ouvertes (d’après Etienne, 1975)

Environ 40% de couvert des ligneux hauts et 80% d’herbacés : c’est une formation mixte ligneux hauts herbacés (Photo D. Hubert)

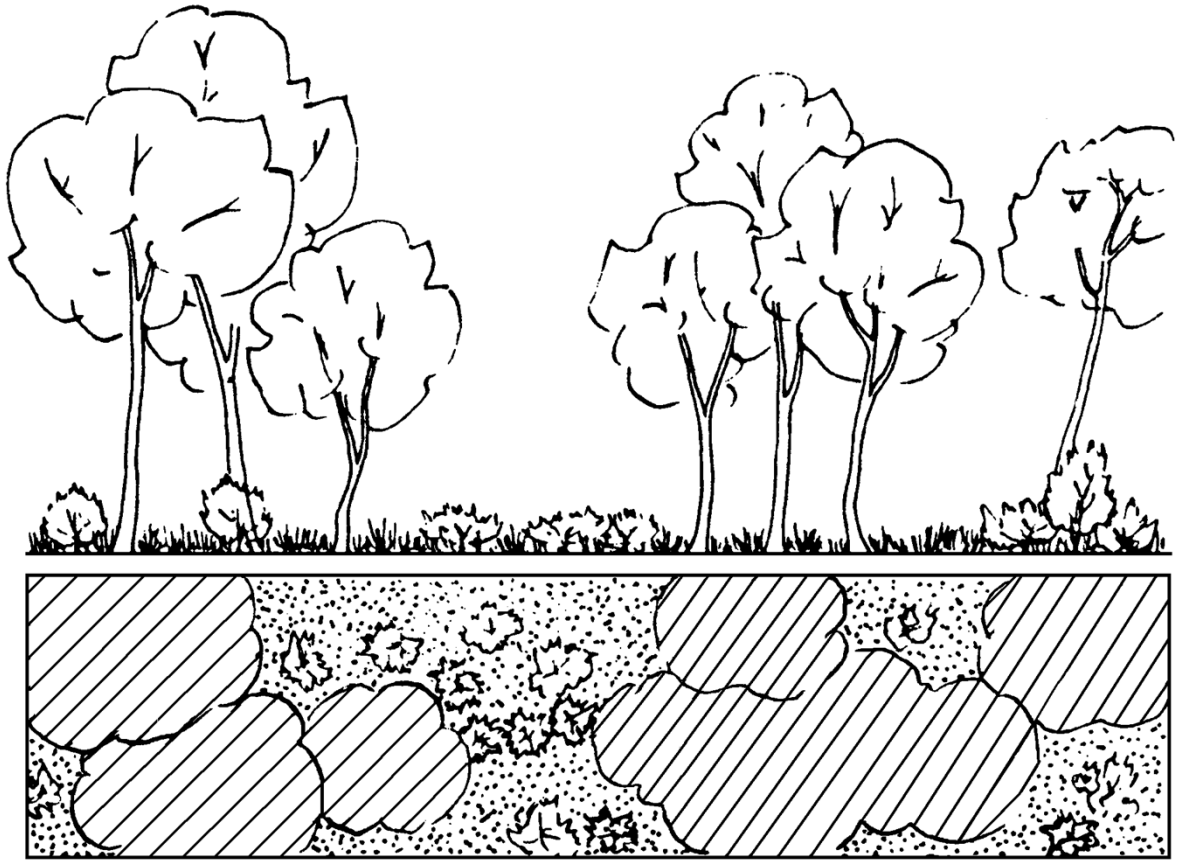


Figure 1.3 - Schéma des formations ligneuses hautes ouvertes (d’après Etienne, 1975)

Les **formations ligneuses hautes très claires** sont un cas particulier où il y a entre 25 et 50 % de ligneux-hauts et moins de 10 % de ligneux bas et d'herbacés (figure 1.3)

Les **formations à végétation très claire ou nulle** comportent moins de 25 % de ligneux-hauts, moins de 10 % de ligneux bas et moins de 10 % d'herbacés.

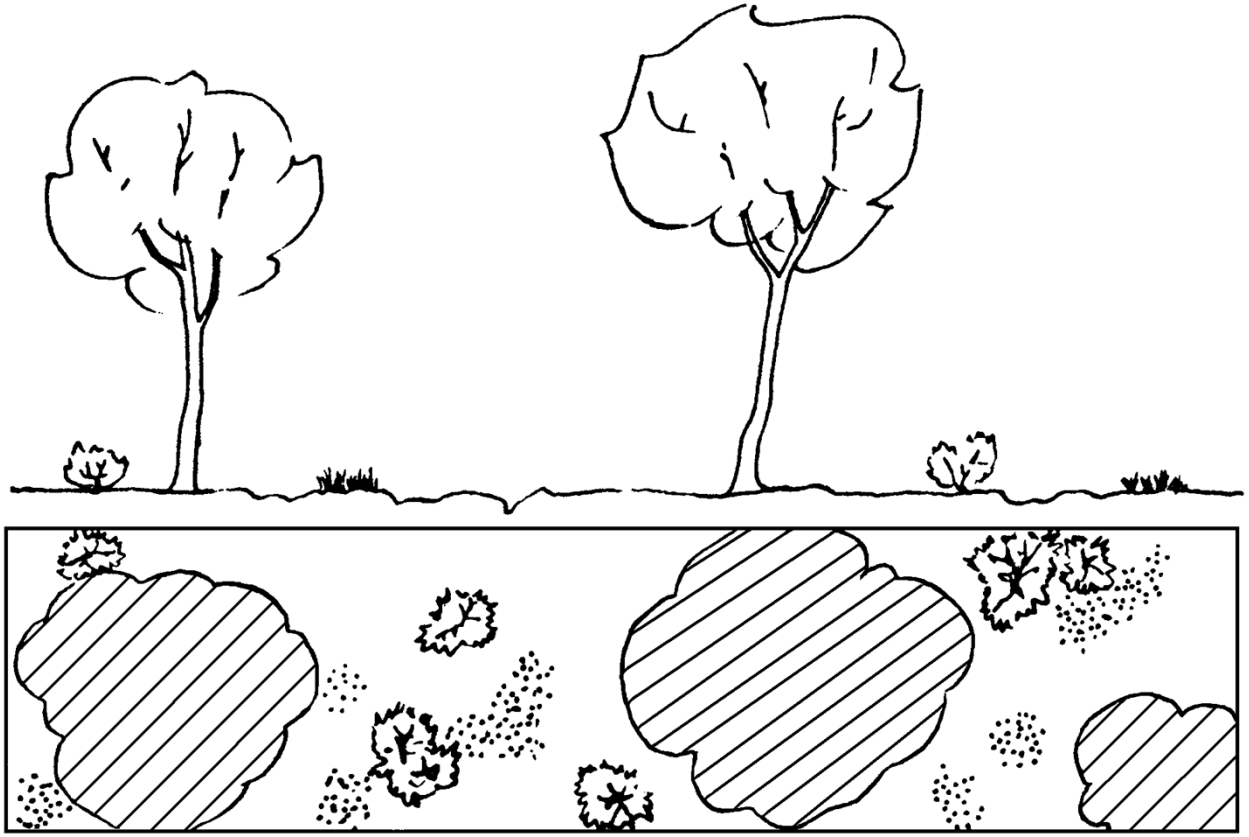


Figure 1.4 – Schéma des formations ligneuses basses : moins de 50% de ligneux hauts, plus de 10% de ligneux bas et moins de 10 % d'herbacées (d'après Etienne, 1975)

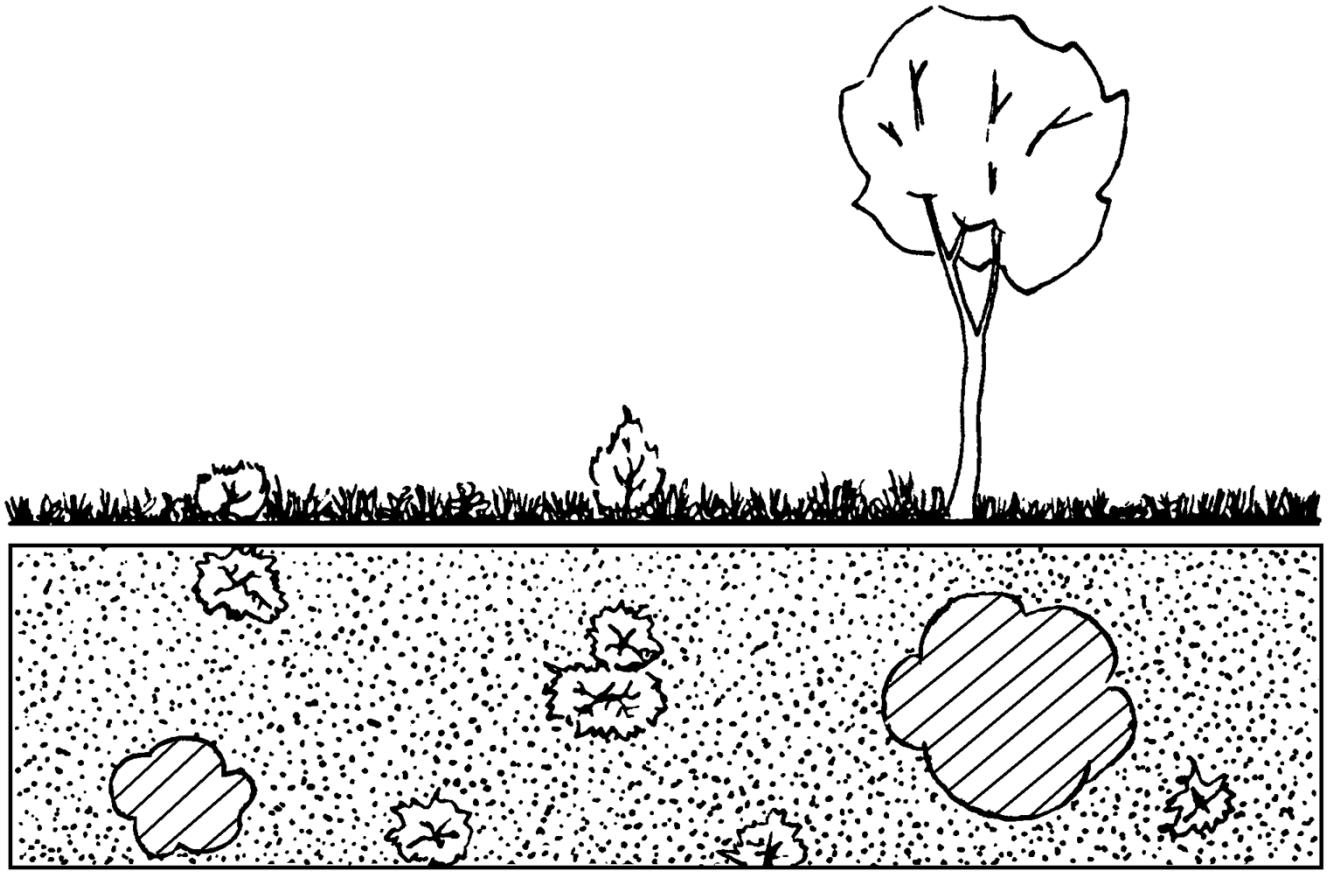


Figure 1.5 – Schéma des formations herbacées : moins de 25% de ligneux hauts, moins de 10% de ligneux bas et plus de 10 % d'herbacées (d'après Etienne, 1975)

122.2 – Les formations « complexes »

Une formation sera dite **complexe** lorsque les végétaux qui la constituent se rattachent à deux ou trois formes ; on aura :

- Les **formations ligneuses complexes** comportent de 25 à 50 % de ligneux hauts, de 10 à 100 % de ligneux bas et moins de 10 % d'herbacés ; elles peuvent être ouvertes ou fermées selon le recouvrement global des ligneux les **formations complexes herbacés-ligneux bas** où les ligneux hauts ont un recouvrement inférieur à 25 % ; les herbacés et les ligneux bas ont un recouvrement compris entre 10 et 100 % ;

- les **formations complexes herbacés-ligneux hauts** où ces derniers ont un recouvrement compris entre 25 et 50 %, il y a moins de 10 % de ligneux bas et plus de 10 % d'herbacées;

- les **formations complexes herbacées-ligneuses bas-ligneuses** hauts dans lesquelles le recouvrement des ligneux hauts est compris entre 25 et 50 %, ceux des ligneux bas et des herbacés étant supérieur à 10 %.

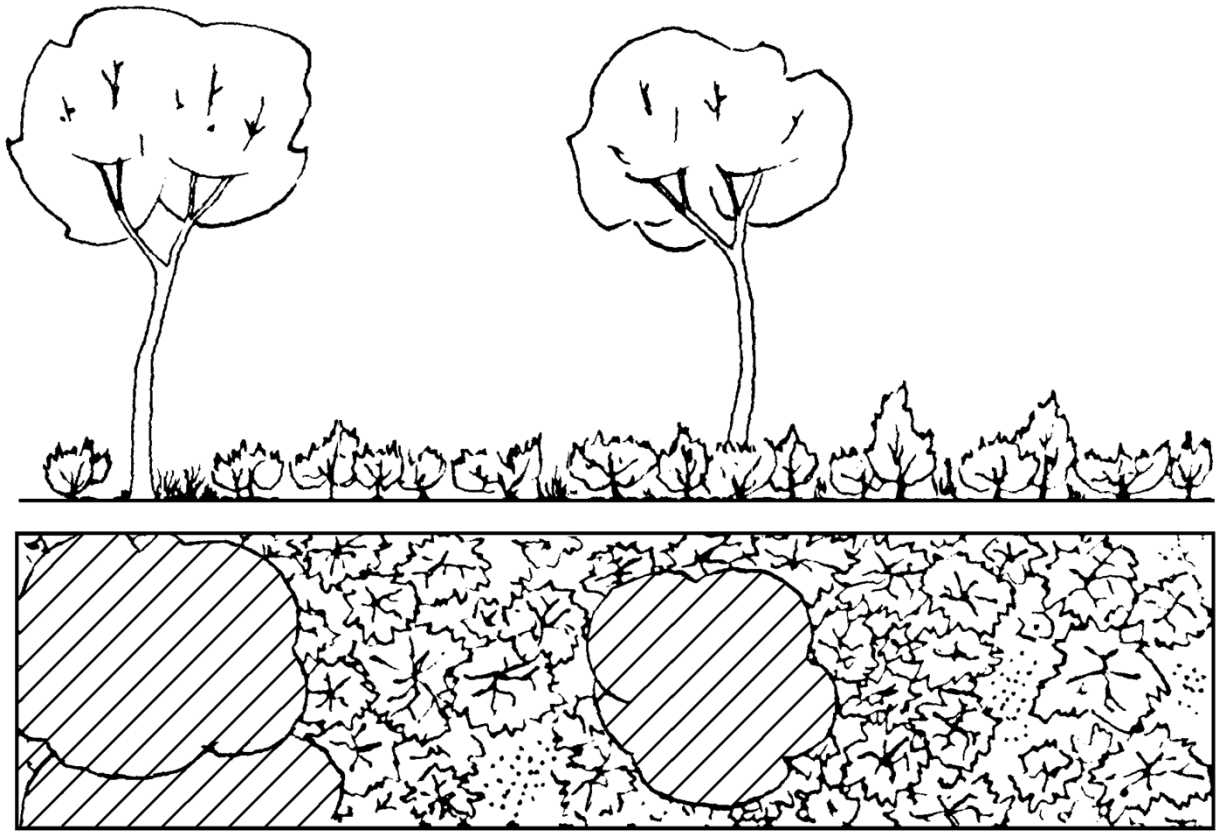


Figure 1.6 – Schéma des formations complexes ligneux hauts / ligneux bas
(d'après Etienne, 1975)

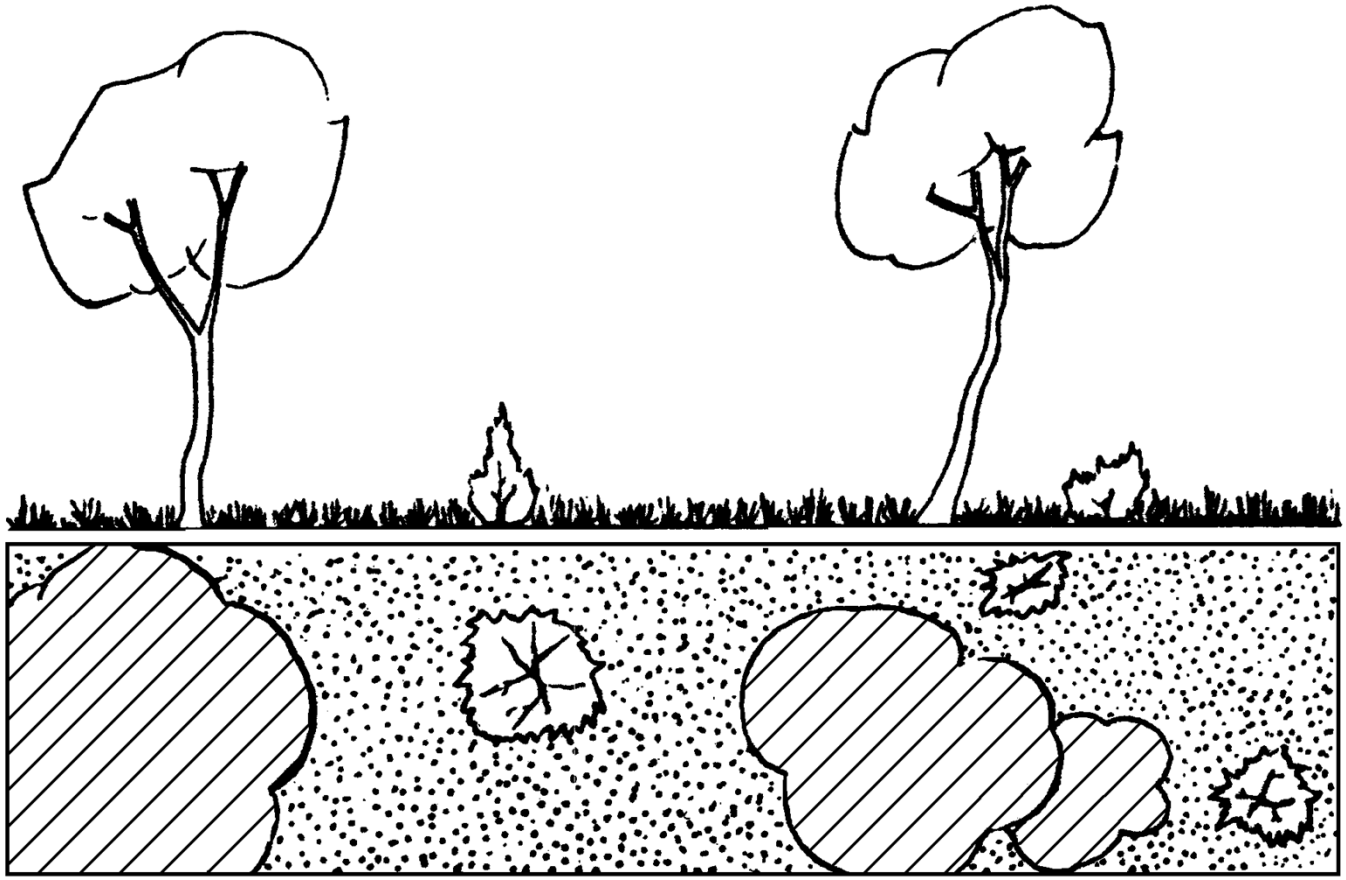


Figure 1.7 – Schéma des formations complexes ligneux hauts / herbacés
(d'après Etienne, 1975)

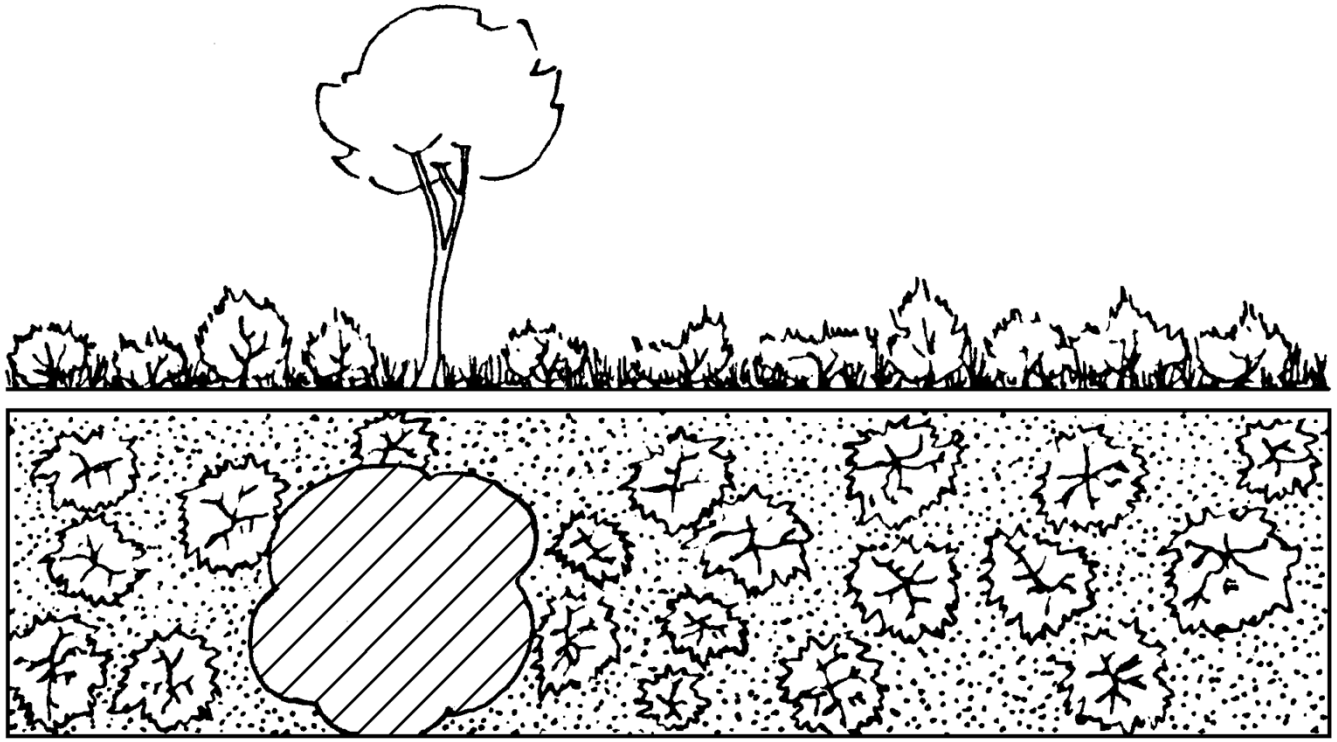


Figure 1.8 – Schéma des formations complexes ligneux bas / herbacés
(d'après Etienne, 1975)

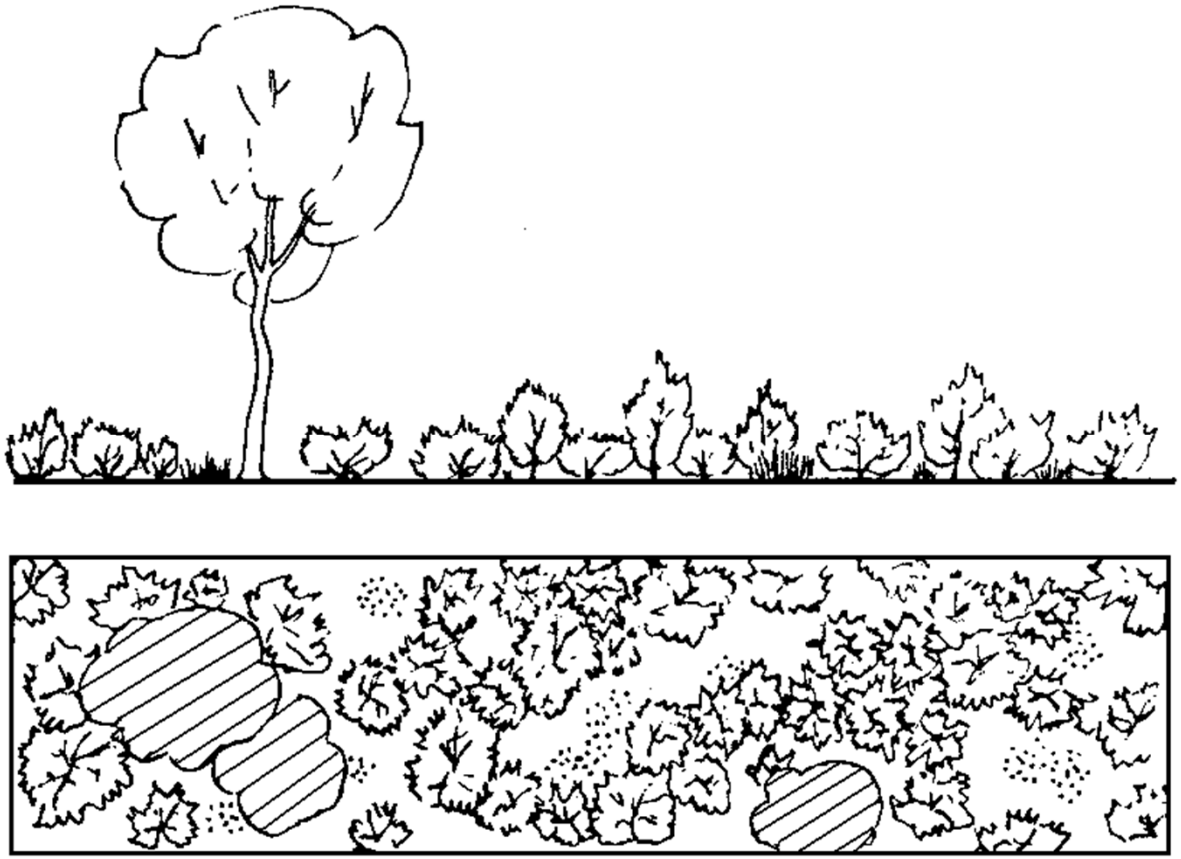


Figure 1.9 – Schéma des formations complexes ligneux hauts / ligneux bas / herbacés (d'après Etienne, 1975)

Les différentes formations sont ordonnées les unes par rapport aux autres sur le schéma de la figure de la page 8 où la partie qui concerne plus particulièrement ce travail a été mise en évidence par un grisé clair ; en grisé foncé les formations herbacées denses auxquelles appartiennent les savanes et les prairies permanentes.

A peu près tous les formations végétales peuvent être utilisés comme "terres à pâturage", depuis les formations les plus boisées jusqu'aux steppes ou aux pelouses les plus dégradées. Le pâturage forestier peut être destiné à fournir une partie plus ou moins importante de l'alimentation normale du troupeau, mais, dans certains cas, le troupeau peut n'être qu'un "sous-produit", l'objectif essentiel est alors l'action nettoyante exercée par le pâturage. Mais la plupart des steppes, des savanes, des badiah, des llianos, des prés, pâtures, prairies ressortissent aux formations herbacées. Des nuances, toujours utiles et parfois nécessaires, peuvent être apportées par la prise en compte du degré d'ouverture des trois strates ligneuses haute, basse et herbacée ; en référence à l'échelle suivante :

fermé avec un recouvrement global supérieur à 90 %,

peu ouvert pour des recouvrements compris entre 75 et 90 %,

semi-ouvert pour des recouvrements compris entre 50 et 75 %,

ouvert pour des recouvrements compris entre 25 et 50 %,

très ouvert pour des recouvrements compris entre 10 et 25 %

extrêmement ouvert pour des recouvrements compris entre 0 et 10 %

totalement ouvert recouvrement global nul, la strate est absente.

La prise en compte de **l'espèce dominante** de la formation permet de définir les **faciès**. On pourra ainsi distinguer les formations herbacées denses à *Carex goodenoughi* dans les marécages et les formations herbacées denses de *Dactylis glomerata* semées ou les formations herbacées denses à *Festuca rubra* des pâturages tempérés extensifs. Espèce dominante et artificialistaion permettront de différentier les savanes naturelles peu boisées, où ne subsistent que quelques arbres résistants à la sécheresse, des savanes artificielles peu boisées, résultant d'un déboisement forestier qui n‘a conservé que quelques arbres pour leur utilité (semenciers, ombrage, fourrage ou alimentation humaine). La dégradation fait passer les steppes des formations herbacées peu ouvertes de *Stipa tenacissima* à des formations très ouvertes sur les hauts plateaux d'Algérie, etc.

12.3 - Cas des végétations très clairsemées

Dans les zones sahélo-désertiques ou franchement désertiques, les végétations sont toujours très clairsemées ; pourtant des nuances sont souvent nécessaires pour les utilisations pastorales. Comme précédemment, elles porteront sur la distinctions entre les végétaux ligneux et les végétaux herbacés, mais sans séparer les ligneux hauts des ligneux bas. Par contre, trois situations exclusives seront possibles :

- Végétations ligneuses rares : LD
- Végétations ligneuses très claires : LC
- Végétations ligneuses « denses » : LD

La composante herbacée de la végétation sera caractérisée en distinguant :

- Végétations herbacées pérennes : Hp
- Végétations herbacées annuelles : Ha

Il y aura donc trois termes, deux pouvant éventuellement être nuls, pour caractériser la végétation d'une station aride ou hyper aride, un pour les ligneux et deux pour les herbacés. La végétation ligneuse peut être dite « dense » lorsque son couvert global est supérieur à 25% ; cette situation peut être décrite par le modèle standard.

Reg saharien (Algérie) – Photo N. Daget

Ligneux rares

1. Aucun ligneux
2. Très rares (d $1 km)
3. Rares (0,5 < d < 1 km)
4. Très clairsemés (0,25 < d < 0,5 km)
5. Clairsemé (100 < d < 500 m)

Ligneux très clairs

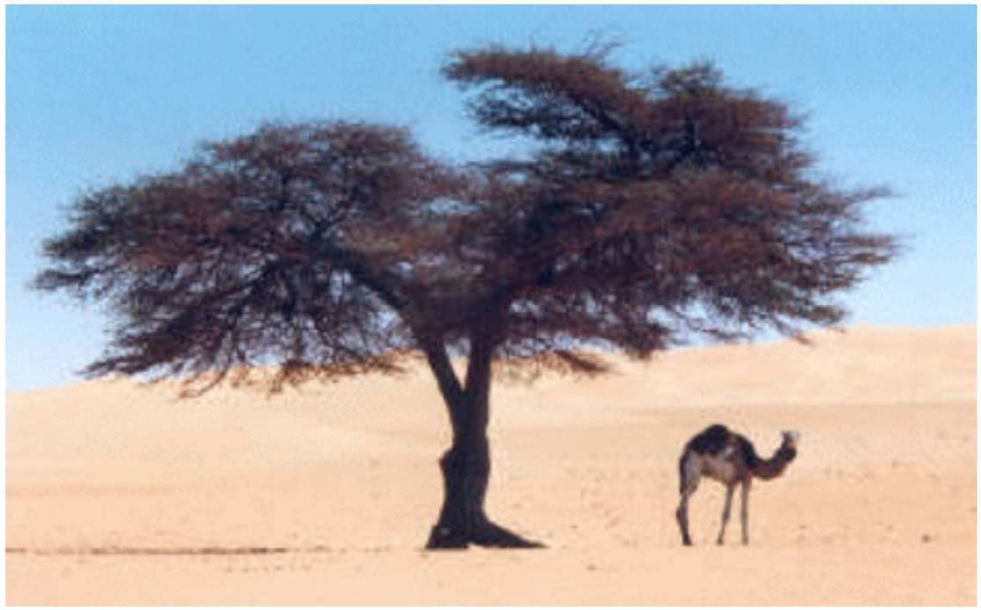
1. 3 pieds à l'hectare : 50 < d < 100 m
2. < 10 pieds à l'hectare : 25 < d < 50 m
3. < 50 pieds à l'hectare : 10 < d < 25 m
4. <100 pieds à l'hectare : 5 < d < 10 m
5. < 500 pieds à l'hectare : d < 5 m

Herbacés pérennes

Herbacés annuels

Couvert global en pourcent

0. Rien
1. R < 0,5%
2. 0,5 < r < 1 %
3. 1 < r < 5 %
4. 5 < r < 12,5 %
5. 12,5 < r < 25 %
6. 25 < r < 50 %
7. 50 < r < 75 %
8. 75 < r < 90 %
9. 90 % < r



Il y a un seul arbre dans tout le paysage donc : LR2

Quelques touffes d'herbacées annuelles et aucune pérennes, donc : Hp0 – Ha1

En définitive, cette végétation est décrite par :

LR2 – Hp0 – Ha1

Pas d’arbres ; quelques touffes de graminées perennes ;

Cette végétation est caractérisée par :

LR1 – Hp4 – Ha0

1.3 – Les classifications spécialisées

13.1 – Pour les régions tropicales

131.1 – Classification physionomique de Yangambi

A Yangambi (en 1957), une réunion de phytogéographes a retenu le concept de **type physionomique** pour classer la végétation de l'Afrique intertropicale. Ce système définit les types de végétation intertropicaux sur une base physionomique ; en ce qui concerne les pâturages, les types principaux sont les savanes, les steppes et les prairies, avec, pour chacun d'eux, des formes intermédiaires selon la nature et la densité de la strate ligneuse éventuelle. Une place importante est donnée à la classe de hauteur des végétaux, c'est-à-dire à leur taille ; il faut distinguer :

- **grands arbres** avec une hauteur de plus de 30 m
- **arbres** dont la hauteur est comprise entre 15 et 30 m
- **petits arbres**, entre 7 et 15 m
- **arbustes et arbrisseaux**, entre 4 et 7 m
- **sous-arbustes et sous-arbrisseaux**, entre 0,5 et 4 m
- **sous-arbrisseaux nains** avec une hauteur inférieure à 0,5 m

et pour les palmiers :

- **grands palmiers** avec une hauteur de plus de 15 m
- **palmiers** dont la hauteur est comprise entre 4 et 15 m
- **petits palmiers**, entre 1 et 4 m
- **palmiers nains** avec une hauteur inférieure à 1

et enfin pour les végétaux herbacés, et particulier graminéens :

- les **grands herbacés** ont plus de 2 m,
- les **herbacés** sont compris entre 0,1 et 2 m
- les **petits herbacés** ont moins de 0,1 m

1311.1 - Savane

La **savane** est une formation végétale **continue** constituée essentiellement de Graminées hautes de plus de 80 cm à feuilles planes surtout caulinaires, avec les distinctions suivantes :

- **savane herbeuse** où arbres et arbustes sont totalement absents ;

- **savane arbustive** avec pas, ou très peu de petits arbres, seulement des arbustes ou des arbrisseaux souvent rabougris ;

- **savane arborée** avec de petits arbres disséminés ;

- **savane boisée** où les arbres sont plus grands et plus nombreux ; elle passe, par augmentation de la densité des arbres, à la forêt claire.

D'autres termes physionomiques peuvent apporter des nuances intéressantes :

- **savane à épineux** où les arbustes sont surtout des épineux (ex : les Acacias)

- **savane-verger** ; c'est un type d'agro-forêt claire ; il s'agit d'une savane boisée proche des villages où les arbres sont conservés pour leurs fruits ou leur ombre (c'est le cas de *Butyrospermum paradoxum*, de *Parkia biglobosa*) ;

- **savane-palmeraie** dans laquelle la strate haute est constituée de palmiers (*Phoenix dactylifera*) ;

- **savane à boqueteaux** où des bosquets de forme grossièrement circulaire et de structure irrégulière sont épars dans une savane herbeuse uniforme.

1311.2 - Steppe

La **steppe** est une formation végétale **ouverte** constituée essentiellement de Graminées basses de 80 cm de haut à feuilles enroulées ou pliées surtout basilaires ; elle peut être riche en espèces annuelles. Comme dans la savane, les types suivants peuvent y être distingués :

- **steppe herbacée** dans laquelle arbres et arbustes sont absents ;

- **steppe succulente** dans laquelle les végétaux succulents sont particulièrement abondants (par exemple la steppe de *Suaeda vermiculata*) ;

- **steppe arbustive** qui n'a pas, ou très peu de petits arbres, seulement des arbustes ou des arbrisseaux souvent rabougris ;

- **steppe arborée** où il y a des petits arbres disséminés ;

- **steppe boisée** où les arbres sont plus grands et plus nombreux ; elle passe, par augmentation de la densité des arbres, à la forêt claire.

1311.3 - Prairie

La **prairie** est une formation végétale **fermée** constituée essentiellement de Graminées et de Cypéracées ; elle comporte des plantes diverses, des plantes semi-ligneuses rarement des arbustes. Ses éléments sont de tempérament mésophile ou hygrophile. Les types suivants sont distingués :

- **prairie aquatique**, peuplement d'hydrophytes et d'hélophytes en eau profonde, c'est-à-dire dont les sols sont submergés toute l'année ;

- **prairie marécageuse**, sur sols marécageux ;

Il existe de multiples formes intermédiaires entre ces type de végétation souvent désigné par des noms génériques particuliers : bourgoutière (*Echinochloa stagnina*), Roselière (*Phragmites australis*), Typhaie (*Typha sp.*) ;

- **prairie altimontaine** en haute altitude, parfois appelée afroalpine, alpine ou pseudo-alpine.

- **herbiers et groupements aquatiques** constitués de végétation herbacée submergée ou flottante : *Nymphea sp., Nuphar sp. Lemna sp.*

1311.4 - Conclusion sur le système de Yamgambi

Cette nomenclature a été utilisée pour dresser plusieurs cartes des régions équatoriales africaines et asiatiques. Par son souci de normalisation, elle a constitué un très sensible progrès par rapport à la confusion qui régnait auparavant en phyto-géographie. On peut toutefois lui reprocher des divergences internes, en particulier pour les seuils de hauteur, différents des seuils normalisés depuis Raunkiaer. Les dénominations des ligneux hauts sont différentes de celles qui sont normalement admises par les lexicographes. Enfin, il faut voir que les végétations pâturées sahéliennes, qui sont des savanes à thérophytes pour certains, sont ici des steppes, et que les steppes des hauts plateaux algériens, qui sont certes extratropicales et donc hors du strict propos de cette classification, seraient des landes... Le caractère opérationnel d'une typologie n'a donc pas été totalement atteint

131.2 - Les types et spectres biologiques

1312.1 – Les principes fondamentaux

Les **types biologiques** classiques ont été définis par le danois Raunkiaer dès 1903. D'autres classifications existent mais elles visent un système rationnel et complet des formes biologiques capables d'embrasser l'ensemble des formes biologiques du monde entier dans toutes leurs variations. Ces systèmes, qui mêlent les types biologiques à une typologie morphologique parfois subtile, s'avèrent inaptes à répondre aux objectifs immédiats, plus restreints et essentiellement concrets de l'observateur de terrain et du pastoraliste. Par ailleurs, on a souvent reproché au système de Raunkiaer d'être basé sur des adaptations permettant de supporter la "mauvaise" saison (c'est-à-dire l'hiver froid), ce qui le rendrait inadéquat pour les régions (tropicales surtout) "où il n'y a pas de saison". Cette objection ne tient pas ; d'abord, parce que s'il n'y a pas d'alternance de saison chaude et froide, il y a celle des saison humide et sèche ; la reconnaissance des types biologiques est une manière de décrire la **forme** des végétaux utilisant la ***position dans l'espace de leur bourgeon végétatif***. Dans son travail initial, Raunkiaer ne parle pas de forme de résistance à quoique ce soit, il écrit simplement que les thérophytes poussent dans la saison favorable (donc en été en régions tempérées extratropicales, en automne-printemps en régions méditerranéennes et en saison des pluies en régions tropicales) et ont un cycle de vie inférieur à un an. Les interprétations finalistes sont le fait de ses travaux ultérieurs et surtout de ceux de ses successeurs.

1312.2 – La typologie standard

Les divers types biologiques sont caractérisés de la manière suivante :

Phanérophytes (Ph), pour lesquels les bourgeons végétatifs sont situés à l'extrémité de tiges ligneuses assez loin du sol ; selon la hauteur, on distingue :

Mégaphanérophytes (MAPh) dont les tiges ligneuses dépassent 32 mètres
Macrophanérophytes (MPh), tiges ligneuses de 16 à 32 mètres
Mésophanérophytes (mPh), tiges ligneuses de 8 à 16 mètres
Microphanérophytes (mph), tiges ligneuses de 2 à 8 mètres
Nanophanérophytes (Nph), tiges ligneuses de 0.5 à 2 mètres;

Chamaephytes (Ch), dont les tiges ligneuses sont inférieures à 0,5 m.

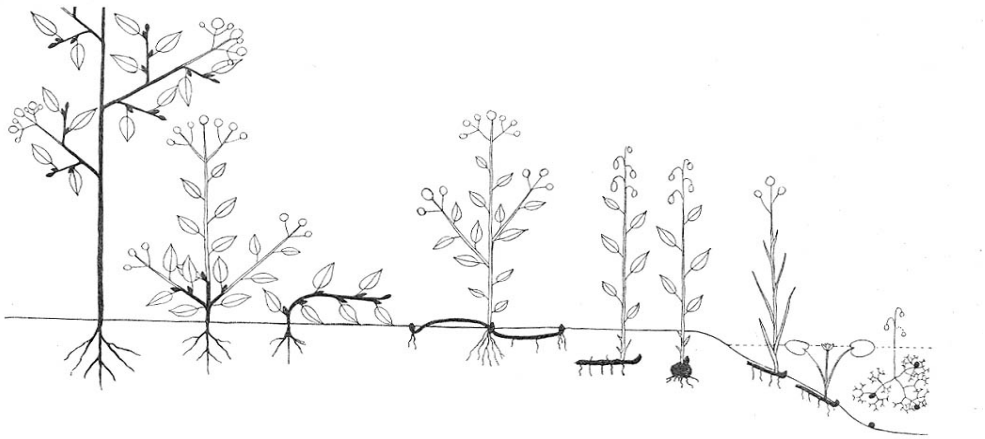
Hémicryptophytes (H), pour lesquels les bourgeons sont situés à la surface du sol,

Cryptophytes (C), pour lesquels ces bourgeons sont situés à l'intérieur du sol, et selon le type de sol les subdivisions suivantes sont reconnues :

Géophytes (G), dont les bourgeons sont dans un sol terrestre sain,
Hélophytes (Hé), quand ils sont dans un sol terrestre très humide comme de la vase,
Hydrophytes (Hy), quand ils sont dans un sol sub-aquatique.

Thérophytes (T), qui sont les plantes de l'été, ou de la saison favorable pour la végétation, et passent la saison défavorable sous forme de graine.

Lianes (Li) et **Parasites** (Pa) complètent la liste.



Les types biologiques caractérisent les espèces ; pour le tapis végétal, il faut passer au **spectre biologique** qui réunit les proportions de chacun des types biologiques dans le gazon analysé. L'examen des types et spectre biologiques peuvent être faits dans les pâturages sous tous les climats ; à titre d'exemple, considérons une steppe des hauts plateaux algériens caractérisée par la flore du tableau suivant où les sigles renvoient aux types biologiques dont ils sont les initiales et où le + dénote la simple présence tandis que les chiffres mesurent le recouvrement.

Un relevé en steppe algérienne

- *Artemisia herba-alba* NPh 14
- *Noaea mucronata* NPh +
- *Plantago albicans* Ch 6
- *Lygeum spartum* Ch 2
- *Helianthemum virgatum* Ch +
- *Herniaria fontanesii* Ch +
- *Stipa parviflora* Ch +
- *Poa bulbosa* G +
- *Scorzonera laciniata* H +
- *Alyssum granatense* Th +
- *Alyssum linifolium* Th +
- *Androsace maxima* Th +
- *Schismus barbatus* Th +
- *Atractylis cancellata* Th +
- *Bupleurum semicompositum* Th +
- *Ceratocaphalus falcatus* Th +
- *Ctenopsis pectinella* Th +
- *Cutandia divaricata* Th +
- *Echinaria capitata* Th +
- *Filago spathula* Th +
- *Helianthemum apertum* Th 8
- *Koeleria pubescens* Th +
- *Minutaria campestris* Th +
- *Papaver hybrydum* Th +
- *Schismus barbatus* Th +
- *Spergularia diandra* Th +
- *Buffonia tenuifolia* Th +

Notons enfin que certaines espèces peuvent être rattachées à un type biologique ou à un autre selon les conditions de milieu ; ainsi, *Quercus ilex* en Algérie est un macrophanérophyte dans les forêts humides de l'Akfadou, un mésophanérophyte dans les forêts claires des Aurès, un micro, voir même un nanophanérophyte sur les sommets de l'Atlas saharien.

On a cru pouvoir affirmer que le système de Raunkiaer était inapplicable en raison de son « extrême » complexité. Or le système originel ne comporte que 11 classes auxquelles il faut ajouter les **lianes** et les **parasites,** ce qui conduit à 13 – Ce ne sont que les versions ultérieures et surtout celles qui ont été proposées par les successeurs de Raunkiaer qui sont complexes; l'original ne l'est pas.

Une autre objection est que ce système n'est pas applicable en région tropicale parce qu'il a été conçu en région tempérée nord pour traduire les résistance au climat. Son créateur s'est fondé sur ses observations en Europe du nord, en région méditerranéenne, dans les Caraïbes, en région arctique ainsi que sur tout un **vaste corpus** de données très largement réparties dans le monde. D'autre part c'est secondairement que les corrélations ont été établies avec le climat.

Enfin, en ce qui concerne les thérophytes, il les dit *« croissant en été ou dans la saison favorable »*.

1312.3 – Les types de spectres biologiques

Spectre biologique sur la flore

Avec 26 espèces, cette steppe présente 2 nanophanérophytes (soit 8% de la flore), 5 chamaephytes (20%), 1 géophyte (4%), 1 hémicryptophyte (4%) et 17 thérophytes (68%). Le spectre biologique en sera :

NPh 8 - Ch 20 - G 4 - H 4 - Th 64

Les thérophytes sont nombreuses, mais elles n'occupent que peu de place dans la végétation surtout constituée par *Artemisia herba-alba*.

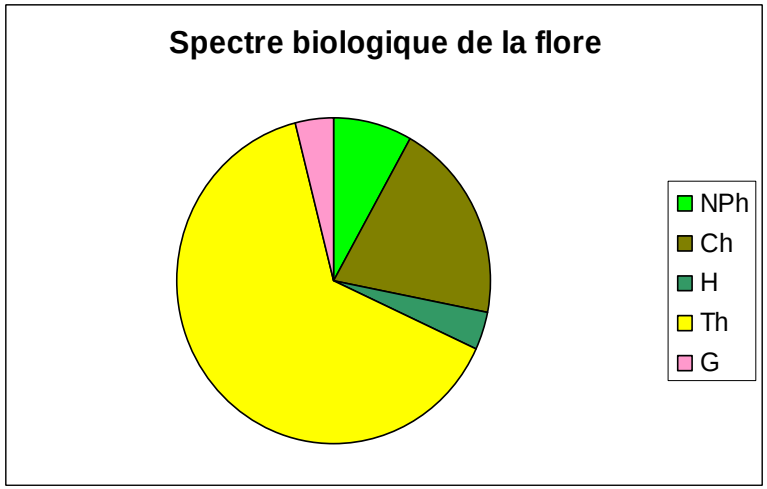
Spectre biologique sur la végétation

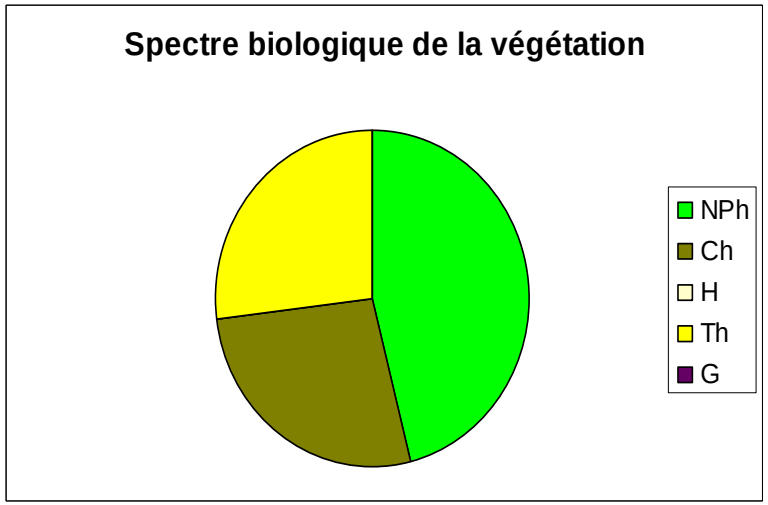
Une analyse quantitative a donné les pondérations des 3° colonnes du tableau précédent ; leur expression sur 100, donne le spectre biologique de la végétation (encore parfois appelé « spectre biologique réel »)

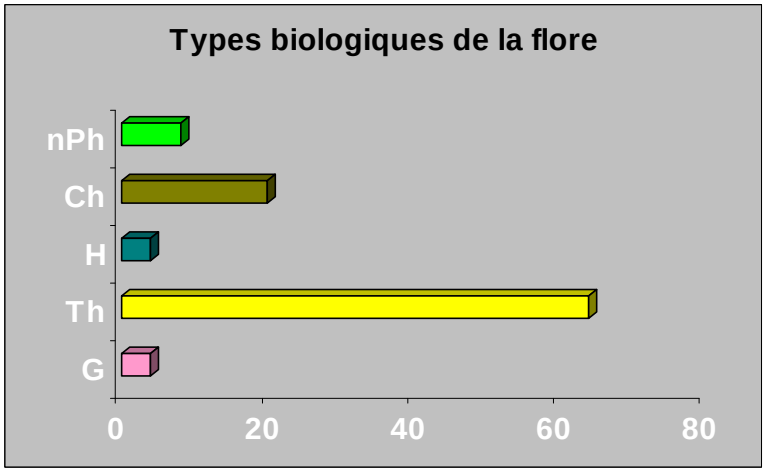
NPh 46 - Ch 27 - G 0 - H 0 - Th 27

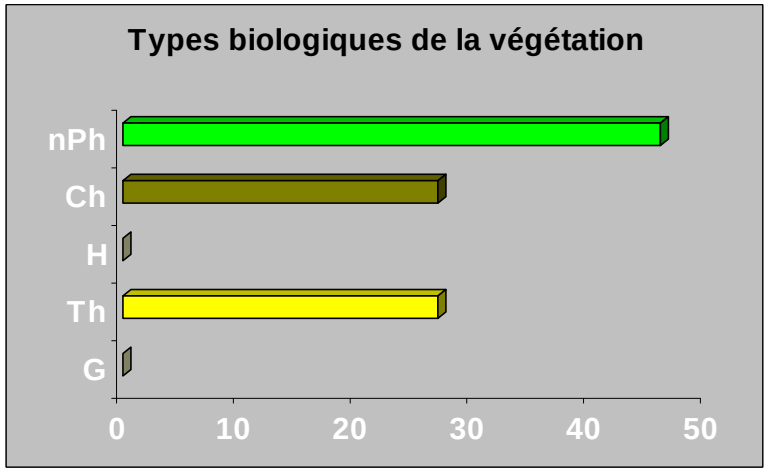
Notons que ce spectre traduit la dominance de chaque type dans le paysage .

Spectres biologiques de la flore ou de la végétation font l’objet de représentations graphiques diverses.


Spectre biologique de la flore
NPh
Ch
H
Th
G


Spectre biologique de la végétation
NPh
Ch
H
Th
G


Types biologiques de la flore
nPh
Ch
H
Th
G
0
20
40
60
80


Types biologiques de la végétation
nPh
Ch
H
Th
G
0
10
20
30
40
50

131.3 – Autre typification des strates

La littérature distingue habituellement les arbustes jusqu'à 1,5 m de haut, les arbrisseaux de 1,5 à 3 m et les arbres au dessus de 3 m. Cependant, en botanique, le mot **arbrisseau** a une signification bien précise. Il désigne une plante ligneuse ramifiée dès la base, et inférieure à 4 ou 5 mètres. Le terme **arbuste** est souvent considéré comme un synonyme d'*arbrisseau*, mais s'en distingue par la présence d'un tronc bien diversifié. Une plante ligneuse de petite taille, souvent rampante, est un **sous-arbrisseau**... Un **arbre** est une plante ligneuse, de plus de sept mètres de haut qui se distingue par l'existence d'un tronc unique qui se ramifie en branches maîtresses au-delà d'une certaine hauteur. Un **arbuste** est un arbre de plus petite dimensions (moins de 7 m) mais dont le tronc est bien différencié. Un **arbrisseau** est ramifié dès le niveau du sol.

Il apparaît qu'une telle nomenclature est ambiguë ; ainsi pour les uns un arbuste est par nature plus petit qu'un arbrisseau, pour les autres plus grand. Pour certains un arbrisseau est forcément ramifié dès la base pour d'autres seule la hauteur compte. Et comment classer les végétaux de plus de 5 mètres ramifiés dès la base ?

Enfin, il existe une classification fondée seulement sur le diamètre du tronc parce qu'il est plus facile à mesurer que la hauteur et parce qu'il y a une liaison entre ces deux grandeurs, au moins dans les steppes où l'analyse a surtout été poussée (figure 1.X)

Petits arbustes : moins de 2 m de haut

Arbustes moyens : diamètre inférieur à 10 cm

Grands arbustes : diamètres compris entre 10 et 20 cm

Petits arbres : diamètres compris entre 20 et 50 cm

Arbres moyens : diamètres compris entre 50 cm et 1 m

Grands arbres : diamètres supérieurs à 1 m

Mais cette classification s'adapte mieux aux arbres forestiers qu'à ceux qui sont isolés ; en effet, pour une hauteur identique les arbres isolés sont toujours plus gros que ceux qui sont en peuplement dense. Même s'il existe une liaison diamètre/hauteur.

131.4 - Classification des formations herbeuses

Cette classification proposée par B. Descoings est destinée surtout à ordonner les pâturages intertropicaux. Elle est basée sur la prise en compte simultanée du type biologique et du type morphologique des espèces et de l'importance de chaque type dans la végétation en pondérant les espèces par leur recouvrement. La diagnose est complète en ce sens qu'elle décrit tout le peuplement végétal en deux phases portant d'abord sur la strate ligneuse, ensuite sur la strate graminoïde (Graminées et Cypéracées).

Strates ligneuses

Elles sont décrites en prenant en compte les étapes suivantes :

1.**Stratification**

1 strate	unistrate
2 strates	bistrate
3 strates et plus	pluristrate

2.**Taille** (de la strate la plus haute)

de 0 à 2 m	buissonnant
de 2 à 4 m	arbustif bas
de 4 à 8 m	arbustif haut
de 8 à 16 m	arboré bas
plus de 16 m	arboré haut

3.**Recouvrement total** (somme des recouvrements des strates)

de 0 à 25%	très clair
de 25 à 50%	clair
de 75 à 100%	dense
plus de 100%	fermé

4. **Densité** (nombre de pieds à l'are, à l'hectare)

moins de 0.01	moins de 1	dispersé
de 0.01 à 0.1	de 1 à 10	peu serré
de 0.1 à 1	de 11 à 100	assez serré
de 1 à 10	de 101 à 1000	serré
plus de 10	plus de 1000	très serré

Les types morphologiques

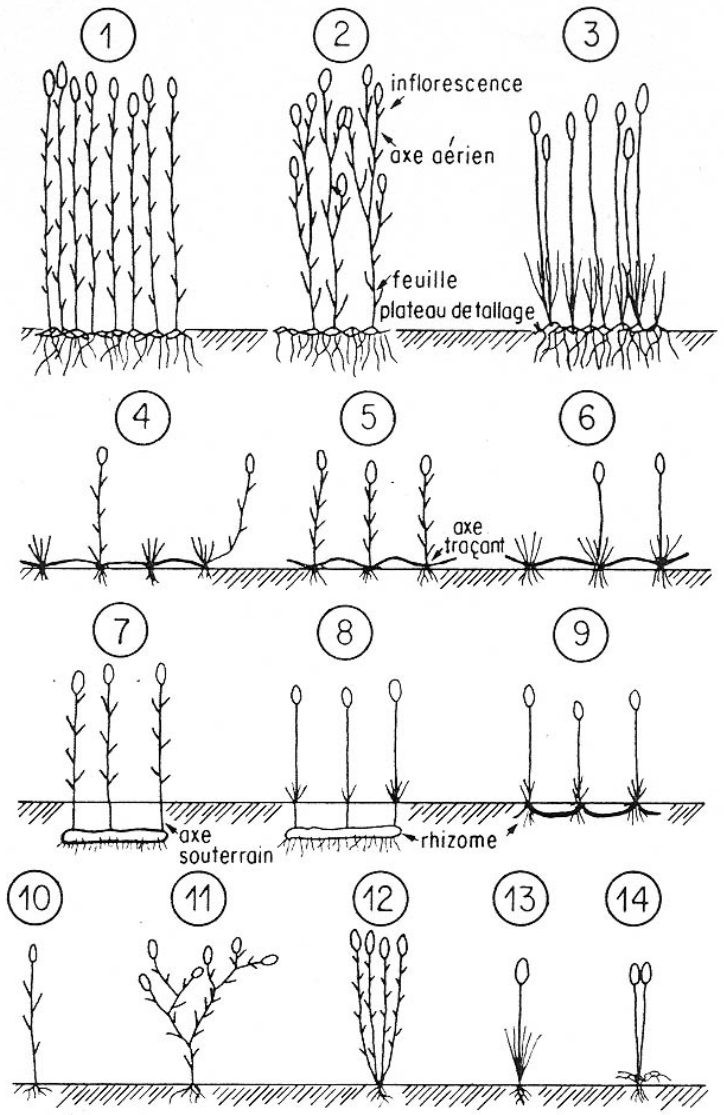
Il s'agit ici de traduire la structure générale de la plante. Pour les graminoïdes, les types suivants sont retenus :

- **Cespiteux**, base formée par un plateau de tallage situé au niveau du sol et résultant d'une ramification basale intense, axes aériens dressés très nombreux et serrés, avec deux sous-types :
  - **Cauliphylle** (Cc) par exemple *Hyparrhenia diplandra* dans les savanes tropicales
  - **Basiphylle** (Cb) par exemple *Loudetia simplex* dans les steppes sahéliennes,

- **Gazonnant** (Ga), plante prostrée rampante, sans plateau de tallage, axes souvent traçants à noeuds radicants, fréquemment stolonifère, peu dense (ex : *Cynodon dactylon*).

- **Rhizomateux** (Rh), axes hypogés émettant des axes aériens dressés distants, ne forme jamais de touffe.

- **Culmaire**, axe unique ou très nombreux à ramification basale nulle ou très réduite, occupation du sol ponctuelle, avec deux sous-types :
  - **Pluriculmaire**
  - **Uniculmaire**



Légende

1.Cespiteux caliphylle
2.Cespiteux cauliphylle à ramifications aériennes
3.Cespiteux basiphylle
4.Gazonnant
5.Gazonnant cauliphylle
6.Gazonnant basiphylle
7.Rhizomateux cauliphylle
8.Rhizomateux basiphylle
9.Rhizomateux basiphylle
10.Uniculmaire cauliphylle
11.Uniculmaise cauliphylle à ramifications aériennes
12.Pluriculmaire cauliphylle
13.Uniculmaire basiphylle
14.pluriculmaire basiphylle

Figure 1.2 – Schéma des types morphologiques des plantes graminoïdes (extrait de Descoings, 1975)

Une savane de la région de Lefini dans le Congo

• *Annona senegalensis*	MPh	4	• *Digitaria brazzae*		+
• *Hymenocardia acida*	MPh	20	• *Panicum brevifolium*		+
• *Loudetia demeusi*	H Cb	30	• *Bulbostylis laniceps*		+
• *Loudetia arundinacea*	H Cb	10	• *Ochna arenaria*		+
• *Andropogon schirensis*	H Cc	8	• *Landolphia thollonii*		+
• *Hyparrhenia diplandra*	H Cc	12	• *Aframonum stipulatum*		+
• *Sporolobus dinklagei*		+	• *Carpodinus lanceolata*		+

Les espèces seulement présentes (marquées +) ne sont pas prises en compte pour la caractérisation. Dans cette savane, avec un recouvrement de 24% de ligneux, et de 60% des graminoïdes, dont 40 du sous-type Cb et 20 du sous-type Cc ; en pourcentage parmi les graminoïdes, on a : Cb 67 et Cc 33, il s'agit donc d'une *formation herbeuse mixte (H/Cb + H/Cc) à peuplement ligneux bistrate arbustif bas très clair*.

3. **Recouvrement total** (somme des recouvrements des strates)

de 0 à 25%	très clair
de 25 à 50%	clair
de 50 à 75%	ouvert
de 75 à 100%	dense
plus de 100%	fermé

4. **Densité** (nombre de pieds à l'are) :

moins de 0.01	dispersé
de 0.01 à 0.1	peu serré
de 0.1 à 1	assez serré
de 1 à 10	serré
plus de 10	très serré

Enfin, il faut décrire le nombre et la nature des types biomorphologiques qui combinent les types biologiques et des types morphologiques.

13.2 – Classification pour les régions tempérées

132.1 -Classification britannique

En ce qui concerne les régions humides, la Grande-Bretagne utilise un mode simple de classification des pâturages (swards classification) utilisant les recouvrements de *Lolium perenne* et de *Trifolium repens* :

- **Pâturages de 1° catégorie**, dans lesquels *Lolium perenne* recouvre plus de 30 % de la surface du sol ; les autres bonnes Graminées, comme *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, peuvent avoir des recouvrements importants, parfois même équivallent à celui de *Lolium perenne*.

- **Pâturages de 2° catégorie**, dans lesquels le recouvrement de *Lolium perenne* est compris entre 15 et 30 % ; les autres bonnes Graminées peuvent être présentes,, des graminées moyennes, comme *Agrostis vulgaris*, *Festuca rubra*, sont présentes avec de nombreuses plantes diverses forment le fond prairial qui comporte souvent un taux important de *Trifolium repens*.

- **Pâturages de 3° catégorie** où Lolium perenne n'occupe plus que 3 à 15 % de la surface du sol *Agrostis tenuis* est plus souvent dominant, avec un taux de *Trifolium repens* extrêmement variable.

Strates graminoïdes

Les mêmes critères sont à prendre en compte pour la description de ces strates :

1. **Stratification** :

1 strate végétative	unistrate
2 strates végétatives	bistrate
3 strates végétatives et plus	pluristrate

2. **Taille** (de la strate la plus haute) :

de 0 à 25 cm	ras
de 25 à 50 cm	bas
de 50 à 100 cm	élevé
de 100 à 200 cm	haut
plus de 200 cm	très haut

- **Pâturages de 4° catégorie**, dominés par divers *Agrostis*, le plus souvent tenuis ; les bonnes Graminées y sont rares ou absentes, *Trifolium repens* très variable.

- **Pâturages de 5° catégorie**, qui, aux caractères précédents, ajouttent un taux important d'espèces des genres *Carex*, ou *Juncus* ou d'espèces telles que *Arundo phragmites* ou *Deschampsia coespitosa*

- **Pâturages de 6° catégorie**, dominés par *Festuca rubra* ou *Festuca ovina*.

- **Pelouses I** dominées par *Nardus stricta*.

- **Pelouses II** dominées par *Molinia coerulea* (dans les milieux humides ou très humides).

Dans chacun de ces types, trois sous-types sont reconnus, en fonction du recouvrement de *Trifolium repens* :

  - **Sous-type A** : où il recouvre plus de 8 % de la surface du sol ;
  - **Sous-type B** : où il recouvre entre 3 et 8 % ;
  - **Sous-type C** : où il recouvre moins de 3 %.

Un pâturage du Jura est constitué des espèces suivantes avec leurs recouvrements :

Lolium perenne	28
Taraxacum officinale	28
Festuca arundinacea	27
Trifolium repens	24
Brunella vulgaris	15
Poa trivialis	10
Bellis perennis	8
Mousses	8
Dactylis glomerata	4
Poa pratensis	3
Veronica serpyllifolia	3
Festuca pratensis	1

Avec un recouvrement de 28% de *Lolium perenne*, ce pâturage sera classé dans la **catégorie 2,** avec 24% de *Trifolium repens* dans la **sous-catégorie A** donc **2A.**

Un autre herbage de la même région a une végétation de 38 espèces composée de la manière suivante

Bromus erectus	77	*Trisetum flavescens*	5
Festuca ovina	71	*Dactylis glomerata*	4
Anthoxanthum odoratum	24	*Agrostis stolonifera*	4
Holcus lanatus	21	*Leontodon hispidus*	4
Trifolium filiforme dubium	16	*Briza media*	4
Rhinanthus minor	16	*Hieracium pilosella*	4
Lotus corniculatus	15	*Ajuga reptans*	4
Trifolium pratense	15	*Avena pratensis*	3
Sanguisorba minor	12	*Cynosurus cristatus*	3
Luzula campestris	11	*Gaudinia fragilis*	3
Festuca rubra	11	*Trifolium campestre*	3
mousse A	11	*Lotus uliginosus*	2
Chrysanthemum leucanth.	11	*Plantago media*	2
Trifolium repens	10	*Cuscuta epithymum*	1
Knautia arvense	8	*Onobrychis sativa*	1
Tragopogon pratensis	8	*Ranunculus acer*	1
mousse B	7	*Thymus serpyllum*	1
Primula officinalis	7	*Lathyrus pratense*	1
Plantago lanceolata	5	*Carex sp.*	1

Sans *Lolium perenne* et avec un recouvrement très fort de *Festuca ovina* accompagné de 10% de *Trifolium repens*, ce pâturage se classe en 6ème catégorie, sous catégorie A, donc **6A**

Des enquêtes agricoles effectuées en Grande-Bretagne ont donné les chiffres suivants en pourcentage de la sole pastorale :

Catégories	1939	1959
1	3	8
2	7	12
3	25	22
4	49	38
5	4	8
6	9	9
7	3	3

qui montrent une intensification d'une partie des catégories 3 et des 4 permettant aux catégories 1 et 2 de gagner 10 points, et une extensification des moins bonnes des 4 qui se retrouvent en 5, les catégories 6 et 7 restant inchangées.

132.2 - Classification belge

Cette méthode de classification, fortement inspirée de la précédente, a été mise au point au début des années 50 pour cartographier la valeur des prairies de la Belgique. Elles sont divisées en six classes, selon le recouvrement **R** de *Lolium perenne* :

Classe **1** : excellente prairie à pâturer ; **R**>50%
Classe **2** : bonne prairie à pâturer : 30<**R**#50%
Classe **3** : prairie à pâturer moyennement bonne ; 15<**R**#30%
Classe **4** : prairie à pâturer médiocre ; **R**#15%
Classe **5** : bonnes prairies à faucher ; 15<**R**#30%
Classe **6** : prairies à faucher médiocres ; **R**#15%

Chaque classe est subdivisée en 3 variantes :

typique (ou moyenne, mésophyle), notée **.1**
sèche (xérophyle), notée **.2**
humide (Hydrophyle), notée **.3**

enfin, 9 "particularités sont prévues" :

.1 – aucune
.2 – Pâturage exagéré
.3 - gazon clairsemé
.4 - beaucoup de *Trifolium repens*
.5 - beaucoup de mousses
.6 - envahissement par une plante adventice dominante
.7 - présence de plantes vénéneuses
.8 - sol superficiel
.9 - alternance de sécheresse et d'humidité

La notation **3.2.5** signifie donc ***Pâturage moyennement bon dans lequel le recouvrement de Lolium perenne est compris entre 15 et 30% ; le terrain est sec et la végétation comporte beaucoup de mousses***.

La notation numérique est très concise, commode pour la cartographie ou l'établissement de "classes" pour les analyses de données ou l'introduction dans un système d'information géographique (SIG). Cependant, comme toutes les classifications "fermées", elle manque de souplesse ; ainsi, il n'est pas possible de dire qu'une végétation est ouverte (..3) parce que surpâturée (..2) et qu'elle comporte une adventice dominante (..6), qui est souvent dans ce cas *Plantago major* dans les pays humides. Par ailleurs, le nombre de classes est insuffisant puisque la classe 4 comporte à la fois :

- des pâturages convenables où le recouvrement de *Lolium perenne* peut atteindre 15 % ;
- ceux dans les quels *Dactylis glomerata* ou *Festuca elatior* emplacent *Lolium perenne*, quel que soit leur recouvrement, et dont la végétation est souvent très bonne
- ceux qui ont un recouvrement, qui peut être important d'Agrostis tenuis, ou de *Festuca rubra*, ou encore de *Poa chaixii* en altitude ou *Poa pratensis* en plaine :
- et enfin, les plus médiocres dominées par *Nardus stricta*, *Deschampsia coespitosa*, ou encore *Molinia coerulea*.

1.4 – La classification phytosociologique

La phytosociologie propose une typologie de nature exclusivement floristique et de structure hiérarchique. La méthode d'analyse utilisée par les phytosociologues permet de classer les différents types de végétation, et donc de pâturage, les uns par rapport aux autres. Ce n'est pas le lieu ici de décrire la façon de reconnaître les éléments de cette classification ; en général, le pastoraliste n'a qu'à l'utiliser comme référence, son rôle n'est pas de l'établir, c'est le travail du phytosociologue qui peut être grandement facilité par l'usage de logiciels spécialisés (Cf. Guinochet, 1973 ou Braun-Blanquet, 1964). Les unités de la systématique phytosociologique sont les suivantes :

CLASSE Terminaison **-etea**

Ordre Terminaison **-etalia**

Alliance Terminaison **-ion**

Association Terminaison **-etum**

Sous-association Terminaison **-etosum**

Deux exemples seront donnés ici ; le premier concerne les pâturages des sansouires de la Camargue (delta du Rhône) extrait du Prodrome de Braun-Blanquet *et al.*, 1952 ; le second se rapporte aux savanes équatoriales du Zaïre d'après Duvigneaud, 1949.

SALICORNIETEA

- *Salicornietalia*
  - *Thero-suaedion*
    - *Suaedeto-kochietum hursutae*
    - *Suaedeto-salsoletetum sodae*
  - *Salicornion fruticosae*
    - *Salicornietum radicantis*
    - *Salicornietum fruticosae*
      - *Staticetosum*
      - *Juncetosum subulati*
    - *Agropyreto-inuletum crithmoidis*
  - *Staticion galloprovincialis*
    - *Artemisieto-staticetum virgatae*
    - *Arthrocnemetum*
    - *Limonastro-staticetum lychnidifoliae*
- *Juncetalia maritimi*
  - *Juncion maritimi*
    - *Junceto-triglochinetum maritimi*
      - *Triglochinetosum*
      - *Aeluropetosum*
    - *Caricetum divisae*
  - *Plantaginion crassifoliae*
    - *Scheneto-plantaginetum crassifoliae*
      - *Plantaginetosum*
      - *Sparginetosum*
    - *Holsochoenetum romani*
  - *Trifolion maritimi*
    - *Agropyreto-trifolietum maritimi*

ERYTHRINO-ACACIETEA CAMPYLACANTHA ALTHERBOSA

Cussonio-Sarcocephaletalia esculenti

Cussonio-Sarcocephalion esculenti altherbosum

Sarcocephaleto-Hyparrhenietum diplandrae

Cussonieto-Erythrimetum subseriferae

Hyparrhenieto-Albizzietum versicoloris

Adamsonietum digitatae

Sterculio-Terminalietalia torulosae

Acadetalia woodii-campylacanthae

COMBRETO-HYMENOCADIETEA ALTHERBOSA

Combreto-Hymenocadietalia altherbosa

Loudetio-Euhymenocardietalia guineensia

Armono-Maprouneion atlanticum

Quisqualeto-Andropogonetum gayani

Albizzio-Hymenocardion

Hymenocartieto-Loudetietum arundinaceae

Hymenocartieto-Loudetietum Albizzietosum sassae

Eriosemeto-Syzygietum macrocarpi

Burkeo-dialion Englerii

Loudetio-Dialetum

Hyparrhenito-Erythropletum africani

Erythrophleo-Combretalia Zeyheri subzambeziaca

Crossopterygo-Andropogenion pseudaprici

Crossopteryeto-Sporoboletum Kakae

Crossopteryeto-Sporoboletum syzgietosum

Hymenocardieto-Andropogonetum pseudaprici atlanticum

Loudetio-Fauretum Giletii

….

La classification phytosociologique peut être poussée assez loin et être utilisée avec fruit comme principe cartographique (voir le chapitre 8) lorsqu'elle est maniée par des mains expertes. Les écoles Roumanie (Cluj), de Croatie et surtout de Belgique ont produit des analyses de pâturages et leurs représentations cartographiques sont d'une extrême finesse. Les études de pâturages et les Atlas pastoraux du CIRAD-EMVT, qui couvrent chacun un des pays du Sahel, ont des logiques du même type, quoique moins fines pour des raisons évidentes d'échelle. Ces applications nécessitent une formation spécialisée sans laquelle les utilisations qui en seraient faites tombent dans les banalités ou les erreurs. Par ailleurs, la structure purement floristique de la diagnose phytosociologique entrave les synthèses interrégionales et oblige à des études complémentaires pour connaître la production et les potentialités de chaque unités ; on revient ainsi aux études détaillées du gazon des pâturages objet de la suite de cet ouvrage.

Chapitre 2

Analyse de la station et de sa flore

Un relevé dans une savane du Burkina Faso – Photo B. Toutain

Liste des paragraphes

- **2.1 - Description de la station…….. 2.04**
- **2.2 - Analyse de la flore…… 2.17**
- **2.3 -Caractérisations synthétiques de la flore…… 2.44**
- **2.4 -Analyse phytosociologique et Analyse écologique…. 2.73**

2.1 - Description de la station

21.1 – Approche mésologique

211.1 - Principes généraux

Le milieu ambiant du pâturage analysé doit être décrit avec précision si l'on veux pouvoir donner au travail effectué un certain caractère généralisable. Il faut pour cela que l'observateur soit guidé par un questionnaire dans lequel les points à examiner soient envisagés successivement et les réponses possibles prévues. C'est ce que les équipes de l'Ecole d'Emberger ont appelé dès 1962 un formulaire précodé. Un groupe de chercheur de l'ORSTOM, pensant qu'un tel formulaire bridait trop la spontanéité de l'observateur, a tenté de reprendre à postériori des descriptions non guidées ; les résultats se ont avérés très décevants. Cette approche de la description rationnelle du milieu était déjà très courante en Australie et aux Etats-Unis lorsque les équipes du CNRS évoquées ci-dessus les ont importées en pays fancophones (d'abord en Afrique du Nord puis en métropole).

Le premier manuel disponible, et qui reste un des meilleurs que l'on puisse trouver est :

- Soil Surv. Staff, 1951 - **Soil survey manual**, US Dept. Agric., Handbook nE 18, U.S.D.A., Washington, 499 p.

mais sa description des sols proprement dits, malgré une mise à jour en 1962, est maintenant désuète ; elle a été remplacée par la 7ème approximation, d'un emploi nettement plus complexe. En français, plusieurs manuels ou méthodes ont vu le jour depuis 1962 ; l' Ecole d'Emberger en a produit deux :

- Godron, M. Daget, Ph., Emberger, L., Le Floc'h, E., Long, G., Poissonet, J., Sauvage, Ch. & Wacquant, J.P., 1968 (réed 1980)- **Code pour le relevé méthodique de la végétation et des milieux**, Ed. C.N.R.S. Paris, 292 p. et, 1969 (réed 1980)- **Vademecum pour le relevé méthodique de la végétation et des milieux**, Ed. C.N.R.S. Paris, 169 p.

la description des sols de la version complète est un peu trop lourde pour les besoins du pastoraliste et de plus, elle aussi, obsolète. D'autre part, uniquement morphologique, elle ne prévoit pas l'exploitation des éventuelles analyses de sol. Par contre, elle est suivie de tout un corps de méthodes d'exploitation et d'études des relations entre les paramètres du milieu et la flore exposé dans de très nombreux travaux, diffusé sous le nom d' Analyse écologique et synthétisé dans

- Daget, Ph. & Godron, M.1982 - **Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés**, Masson, Paris, 172 p.

Très phytosociologique dans son approche de la végétation, mais plus pastorale dans les interprétations suggérées, la méthode présentée par le CIRAD-EMVT est destinée aux études en milieux tropicaux :

- Boudet, G., 1970 - **Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères,** Min. de la Coop., Paris et IEMVT, Maisons-Alfort, 254 p. ; rédité en 1975 et 1984 ; revu, corrigé et augmenté 1991 pour La Documentation française, Paris, 266 p.

L'approche de l'INRA traduit les conceptions pédologiques récentes en climat tempéré et prend explicitement en compte les analyses de sol :

- Bertrand, R., Falipou, P. & Legros, J.P., 1979 – **Mémento de terrain pour la codification des variables relatives à l'environnement et au profil synthétique**, STIPA, INRA-IRAT, 15 p.

- Baize, D. & Jabiol, B., 1995 - **Guide pour la description des sols**, Edit. INRA, Versailles, 338 p. Et 2011 Edit. Quae, Paris, Coll. Savoir Faire, 432 p.

Enfin, avec une date intermédiaire, on dispose encore du manuel de l'ORSTOM, préparé sous la direction d'Aubert :

■ Informatique et Biosphère, 1971 - **Glossaire de pédologie, description de l'environnement en vue du traitement informatique,** Informatique et Biosphère, Paris, 173 p.

et qui est plus spécialement adapté à la description des sols tropicaux ; sa partie faible est dans celle de l'environnement autour du profil. A côté de ces quatre principales méthodes, il existe de multiples propositions locales correspondant à une chaire d'une école ou à un organisme particulier et qui ne sont guère utilisés que par leurs auteurs. Parmi les formulaires spécialisés, il faut citer celui d'Ellenberg (*in* Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974) destiné à l'observation de la flore en région médio-européenne et qui comporte un très grand nombre de noms d'espèces qu'il suffit de cocher et un calque qui permet d'un seul coup d'oeil de reconnaître l'appartenance phytosociologique de la station analysée.

211.2 -Organisation d'une campagne de terrain

2112.1 - Principe de base

Une campagne de relevés doit être organisée sérieusement avant le départ sur le terrain. Pour cela, il faut avant tout préciser :

- le temps utilisable,
- les objectifs de la campagne,
- les moyens humains et matériels disponibles,
- ce qui est déjà connu sur le territoire à étudier (documents, études, cartes) :
  - de sa géologie,
  - de sa pédologie
  - de la flore locale
  - de son économie régionale
  - sur sa population, ses modes de vie, d'exploitation, ses "pratiques",
  - sur son écologie

Une expédition coûte cher, surtout si elle est lointaine, il ne faut donc pas se tromper de cible ni rapporter au bureau des relevés inadéquats ! Cet écueil est évité par la préparation au bureau d'un plan d'échantillonnage soigné.

2112.2 - Plan d'échantillonnage

Il n'est pas possible de faire des milliers de relevés pour représenter toutes les situations possibles, même les plus rares. De tels nombres seraient rendus nécessaires si l'analyste comptait les échantillonner en distribuant les emplacements de ses relevés au hasard ou en les disposant de manière systématique (aux nœuds d'un réseau superposé à la carte locale). Il faut faire tous les relevés nécessaires mais seulement ceux-ci. C'est ce que permet la stratification de l'échantillonnage, procédé emprunté à la théorie des sondages. Elle consiste à dégager de l'analyse critique de la littérature et des connaissances acquises, les deux (ou trois) paramètres essentiels de la différentiation des pâturages de la région. Ils dépendent des objectifs de l'étude, de la surface étudiée et de l'échelle retenue et pourront, par exemple, être dans certains cas particuliers :

- la nature géologique du substrat et l'intensité d'utilisation,
- la profondeur du sol et son degré d'humidité,
- l'exposition, l'altitude et le mode d'exploitation,
- etc.

Les principaux paramètres reconnus, ils sont segmentés en classes et combinés dans un tableau à double entrée (parfois à triple entrée). De ce tableau les combinaisons impossibles ou qui n'existent pas dans la région sont éliminées, ce sont les "cases léthales". On dispose ensuite dans les cases qui restent un nombre de relevés tel que les sommes par lignes sont les mêmes, et que les sommes par colonnes sont les mêmes. Bien entendu, dès qu'il y a une case léthale dans le tableau, cet idéal ne peut être atteint, mais il est possible d'y tendre par approximations successives

1 - Fixer le nombre approximatif de relevés qu'il sera possible de faire dans le temps imparti pour la campagne.

2 - Ce nombre est majoré de 10 à 50% selon le nombre de cases léthales (donc multiplié par 1,1 ou 1,5) et écrit dans la case en bas à droite du tableau, celle de la somme totale.

3 - Il est ensuite divisé par le nombre de cases non léthales du tableau et le résultat est porté dans chacune de ces cases (les cases léthales restent donc vides).

4 - Faire les sommes par ligne et par colonnes ;

Si elles sont différentes continuer en 5

Si elles sont égales, c'est fini.

Tableau II.1 - Exemple d'un tableau d'échantillonnage optimal

	1	2	3	4	5	Σ
A	+	+	+	+	8	8
B	+	+	8	8	8	24
C	+	8	7	2	2	24
D	8	7	4	3	2	24
E	8	7	3	4	2	24
Σ	16	22	22	22	22	104

5 - Repérer la case qui correspond au croisement de la ligne et de la colonne qui présentent les plus fortes sommes.

6 - Son chiffre est alors diminué d'une unité.

7 - Reprendre en **4**

On obtient ainsi un tableau N-optimal ou plus simplement «**tableau optimal**» analogue au tableau II.1 Ce n'est pas le lieu ici d'analyser cette notion d'optimalité ; elle a fait l'objet de nombreux travaux en mathématiques, en théorie des sondages, en écologie théorique (on pourra se reporter à GODRON 1969, 1974 ou DAGET 1989 ou DAGET *et al*.,1997 pour avoir des compléments).

Il faut ensuite repérer sur le terrain les zones qui correspondent aux combinaisons retenues. Cela peut parfois être fait au laboratoire avant de partir, par exemple en utilisant un SIG (Système d'information géographique), mais dans d'autres cas, cela ne peut être réalisé que sur le terrain. On se gardera de la tentation de ne localiser les sites à observer qu'à proximité des routes ou des voies carrossables ; cette option, hélas trop fréquente, réserve des surprises à celui qui ira voir ne serait-ce qu'un peu au delà !

2 112.3 - Localisation et repérage des relevés

Sur le terrain, les emplacements à analyser sont précisés d'une façon définitive et repérés de manière à pouvoir être retrouvés ultérieurement et être entrés ultérieurement dans une base de données ou un **SIG**. Il est donc indispensable que le repérage soit géoréférencé, c'est-à-dire localisé par rapport au système de coordonnées en latitude et en longitude ; cela peut être fait par pointage sur une carte à moyenne échelle (1/50 000 ou 1/200 000) ou en utilisant un **GPS** (global positionning system) qui peut donner jusqu'au centième de minute (environ de 20 m). Les repérages verbaux souvent utilisés et parfois même recommandés, doivent être évités. Quelques exemples montreront pourquoi :

- "*au bord de la route de Damas à Bagdad*", mais elle fait 250 km...
- "*au bord de la piste à 10 km au sud du village X*", que faire s'il y a plusieurs villages de ce nom sur la même carte...
- "*à 3 km environ (sic) du village Y*", il ne faut pas oublier que bien des villages en Afrique ont changé de nom, plusieurs fois dans certains cas, au cours des dernières décennies...
- "*près du village X sur une terrasse de l'oued Y*" ...
- "*Rocailles sur la piste de X à Y à 55 km environ au sud de Z*" ...

21.2 -Approche pastorale

Le **mode de gestion** de la parcelle analysée est un des paramètres mésologiques majeurs dans l'étude des pâturages. Il convient que le pastoraliste puisse recueillir le maximum de données sur la ou les parcelles étudiées ; c'est **l'enquête pastorale**. Elles concerneront :

les **façons culturales** s'il y en a eu, et l'examen du matériel qui a servi à les faire car, selon le type de matériel, l'intensité de l'action effectuée peut être très différente ;

la **fertilisation**, types d'engrais, doses, modalités d'épandage (en une ou plusieurs fois), avec, dans toute la mesure du possible examen des sacs, car les erreurs et les confusions ne sont pas rares ;

la **fumure organique** en distinguant le fumier du lisier et du purin (!) les quantités, les dates d'épandage, etc. En particulier, un problème se posera souvent pour l'estimation des restitutions animales qu'il est nécessaire d'évaluer quand l'éleveur utilise des parcs tournants pour améliorer son fond.

L'enquête ne devra pas porter que sur l'année en cours, mais aussi sur les années antérieures, certains traitements n'étant pas réalisés tous les ans ; elle devra même s'informer de l'ancienneté des pratiques enregistrées et sur les pratiques antérieures qui, parfois, peuvent seules expliquer l'état de la végétation observée ; c'est ce qu'on appelle **l'analyse des précédents**.

Certes, et nous l'examinerons dans la suite de l'ouvrage, la végétation s'adapte aux modifications de l'environnement, et en particulier à celle de la gestion, mais certaines de ces adaptations sont très lentes et paraissent discordantes avec les actions agricoles si l'enquête ne remonte pas suffisamment loin dans le temps.

Une seconde partie de **l'enquête pastorale** doit porter sur le **troupeau**. Le pastoraliste doit connaître le troupeau dépaissant les stations qu'il étudie : nature des animaux, race, sexe, âge, date d'arrivée et de départ dans le troupeau, masses vives, type de production et quantités produites, tout doit être pris en compte. Il faut aborder aussi la **gestion du troupeau** : durée du séjour à l'étable ou plein air intégral, le cas échéant date de mise à l'herbe ; pour chaque parcelle : dates d'arrivée dans la parcelle et dates de sortie, si possible état du troupeau à l'entrée et à la sortie ; dans le cas de troupeaux transhumants, nomadisant ou gardés dans des pâtures ouvertes, il faudra connaître la durée du séjour dans les divers éléments du paysage végétal. Enfin, il faudra pouvoir évaluer les quantités et la nature des **transferts** effectués par l'exploitant entre ses cultures et son élevage (fruits, grains, pailles, cultures fourragères fournies au bétail). Les **achats d'aliments** complémentaires devront être connus qu'il s'agisse de céréales, de son, de foin, ou de farines industrielles, voire de sel ; dans le cas de produits industriels, il ne faut pas omettre d'examiner les étiquettes dont la mémoire est plus fidèle que celle de beaucoup d'éleveurs.

Toutes les écoles agronomiques et tous les services de gestion, ont mis au point des formulaires pour aider à ces enquêtes. Tous pourront être utiles, mais aucun ne suffira ; remplir un ou plusieurs bordereaux, questionnaire ou carnet de pâturage sera toujours utile, mais le plus important est le dialogue avec le responsable. Il faut que ce soit un dialogue confiant, donc à un moment où ce responsable a l'esprit libre, permettant à l'enquêteur de recouper les informations qu'il reveuille, de noter les appréciations, les enthousiasmes ou les réticences du premier intéressé.

L'enquête pastorale est une phase essentielle de l'analyse, et souvent la plus longue et la plus délicate. Recommandée **depuis toujours** par les responsables des écoles de pastoralisme qui se sont succédés dans les divers pays, elle a été récemment "redécouverte" et prônée par la dernière en date sous la dénomination d'"étude des pratiques pastorales".

2.2 - Analyse de la flore

Le tapis végétal des pâturages est relativement complexe ; de nombreuses espèces le constituent ; dans les prairies permanentes, leurs organes végétaux se ressemblent et s'entremêlent. Une importante complexité en résulte parfois, et certains observateurs en sont effrayés. Des pastoralistes ont cru pouvoir se contenter de la description des pâturages en termes de formation végétale avec "*cum grano salis*" les noms de quelques plantes dominantes faciles à reconnaître utilisées pour caractériser des sous-types avec une précision raisonnable. Mais «*as a mater of fact, this is not possible*» avaient déjà reconnu Pound et Clements à la fin du siècle dernier et après plus de dix années de tentatives. Les espèces les plus visibles, ou les plus faciles à reconnaître ne sont ni les plus abondantes ni souvent les plus caractéristiques et ils ajoutent que les conclusions tirées d'une seule étude des formations sans une analyse détaillée de la flore sont «*largely erroneous*». Il convient donc que le pastoraliste analyse de très près la **flore** et la **végétation** de son matériel d'étude.

Il y a près de 150 ans que Thurman a précisé la différence entre flore et végétation ; la plupart des phytoécologues, depuis les interventions célèbres de Flahault au Congrès international de botanique de Bruxelles, ont repris la distinction. Pourtant, la confusion reste fréquente chez les agronomes et les pastoralistes. Dans le concept de **végétation**, les associations, les proportions des espèces dans le tapis végétal sont prises en considération. Dans ce chapitre, il ne sera question que de la **flore**.

La flore d'une étendue de terrain quelconque, une station ou une région, est l'énumération de toutes les espèces qui y végètent ; la plante rare n'y occupe pas moins de place que la plante la plus commune.

On rencontre des travaux qui se disent de pastoralisme dans lesquels l'auteur peut disserter de l'utilisation pastorale d'une région sans évoquer une seule fois le nom d'une plante. De tels travaux peuvent parfois être tout à fait valables sur le plan économique ou zootechnique, mais ce ne sont pas des oeuvres de pastoralisme. D'autres construisent des «modèles» opposant l'«herbivore» à la « canopée herbacée » ; mais une limace est un herbivore tout comme l'est l'éléphant, la vache ou l'écureuil des prairies et ils ne s'intéressent pas à la même fraction du tapis végétal ni de la même manière ! Le bétail consomme des plantes, et, au pâturage, il "sait" reconnaître les espèces comme une observation permet de la constater ; le résultat de cette reconnaissance est l'apparition bien connue des **refus** dans un pâturage mal tenu. Un pâturage ou un parcours n'a pas la même valeur qu'un autre, et ce que le bétail mange dans un pacage, ce qui fait la différence entre les pâturages ce sont les plantes qui y poussent. Reconnaître quelles sont ces plantes, c'est l'objet de **l'analyse de la flore**. Cette analyse doit être faite avec soin, et non de manière superficielle, car ce peuvent être des espèces rares qui seront les meilleurs indicatrices des potentialités d' amélioration du pâturage, de sa production ou des carences dont le bétail peut souffrir.

Le Professeur Emberger étudie la flore d’une formation herbacées d’une montagne française avec le Dr McQueen de l’Université de Wellington (NZ)

22.1 - A quel moment faire les observations ?

Pour être pleinement rentables, les observations doivent être faites au moment de **l'optimum floristique**, c'est-à-dire quand la végétation est en plein développement et la plus facile à observer. En régions tropicales, ce sera à la fin de la saison des pluies ; il n'est pas rare qu'en saison sèche il n'y ait plus que des espèces ligneuses. Il en est de même en région méditerranéenne où les saisons pluviales sont aussi très tranchées. En pays désertique ou sub-désertique, les observations sont difficiles à placer ; entre les pluies il n'y a qu'un très faible couvert ligneux souvent épineux, les pluies entraînent un développement qui peut être très important d'éphémérophytes, mais elles disparaissent quelques jours ou au mieux quelques semaines après et les pluies sont aléatoires. Si ces phénomènes ne sont pas pris en compte, on en arrive, dans des climats caractérisés par leurs taux de thérophytes exceptionnels, à ne trouver que des espèces ligneuses...

Dans les régions humides, c'est la température qui sera discriminante. En plaine, il faudra travailler à la fin du printemps et au début de l'été, époque qui correspond à la fin de la montaison ou au début de l'épiaison des Graminées dominantes. En montagne, la période de végétation se raccourcit notablement, comme le tableau II.2 et la figure II.1 le montrent bien en ce qui concerne la Suisse.

Tableau II.2 - Variation de la durée de saison de végétation dans les Alpes suisses (d'après Caputa, 1966)

Altitude en mètres	Durée hors neige en jours
700	265
800	256
1 200	234
2 000	166
2 400	85
2 800	61
3 200	0

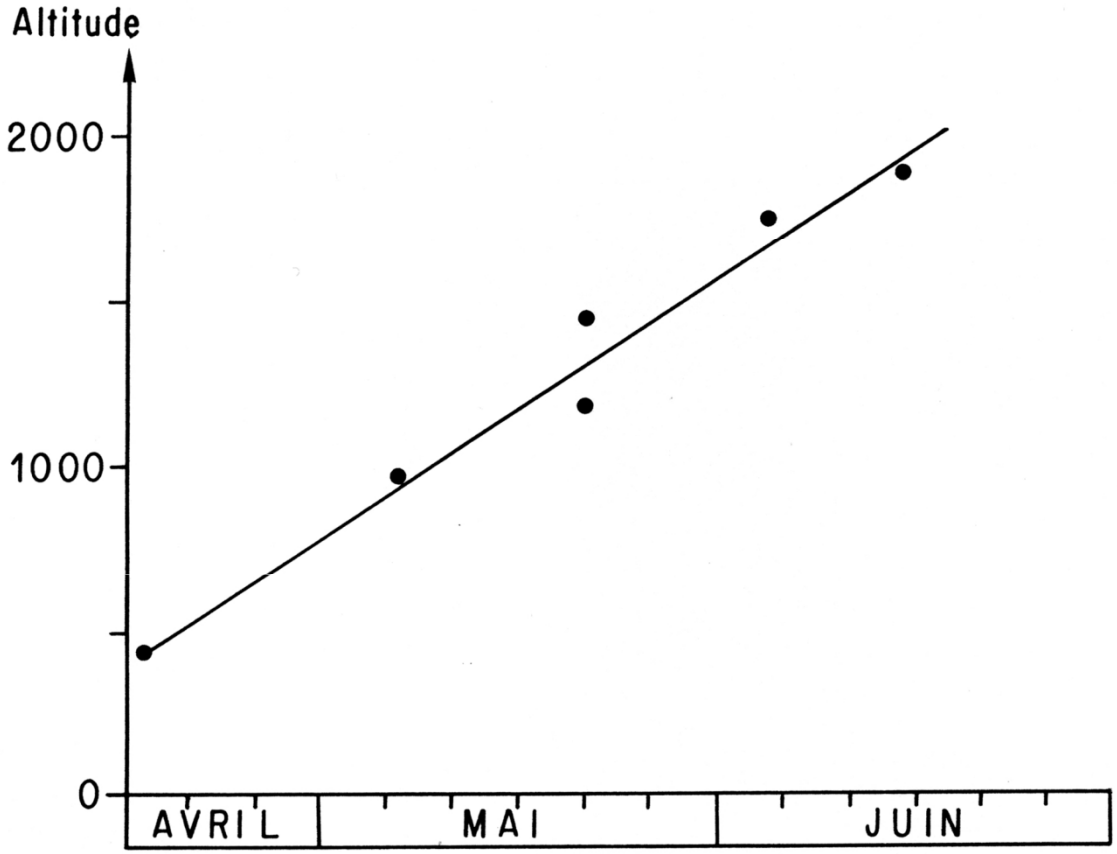


Figure II.1 – Variation avec l'altitude du temps nécessaire pour que le gazon produise 15 quintaux par hectare

La saison de végétation étant plus courte, son démarage est de plus en plus rapide et il faut de moins en moins de temps pour atteindre la même stade, ce qui apparaît nettement sur le figure suivante ; la période disponible pour les inventaires est de plus en plus courte et de plus en plus tardive.

22.2 - Déterminations floristiques

La **détermination** des espèces des pâturages pose un problème délicat auquel ni les flores usuelles ni les taxinomistes n'apportent de solution pratique. En effet, en floristique classique, une détermination valide ne peut être faite que sur un échantillon complet, c'est-à-dire qu'il faut avoir l'individu entier, avec ses organes souterrains, ses fleurs et ses fruits. En premier lieu, et dans tous les cas, le pastoraliste devra se procurer une flore classique, locale de préférence, et apprendre à s'en servir. C'est indispensable pour apprendre à connaître les plantes d'une région.

En pastoralisme, la situation idéale qui consiste à avoir des échantillons complets, est rarement satisfaite ; il est certes possible de rechercher un peu plus loin un individu plus complet que celui qui vient d'être vu, mais ce n'est pas toujours possible. Le pastoraliste est à la place de l'animal et doit être capable de déterminer toutes les espèces de ses pâturages et indépendamment du stade végétatif. Il existe pour cela des méthodes particulières de travail et quelques ouvrages spécialisés.

222.1 - Formations herbacées denses

Dans le cas des formations herbacées denses des régions humides, il existe quelques ouvrages de base, voir indispensables, même si certains d'entre eux sont épuisés en librairie. La plupart des clefs de détermination aux stades végétatifs concernent les Graminées des prairies permanentes, moins souvent les Légumineuses et rarement les autres catégories floristiques. Citons tout d'abord :

- Caputa J., 1961 - **Les plantes fourragères,** Payot, Lausanne, 208 p.

qui reste un excellent ouvrage dans lequel on trouvera, en particulier, une clef pour les Graminées et une pour les Légumineuses. Puis, autre excellent ouvrage moins ciblé :

- Fitter R. , Fitter A. & Farber A., 1991 - **Guide des Graminées, Carex, Joncs, Fougères,** Delachaux et Niestlé, Neuchatel, 256 p.

et une série d'ouvrages plus restreints mais précieux :

- Ann., 1964 - **Clé de détermination de quelques Graminées au stade herbacé,** A.C.T.A., Paris, 2 p.
- Delpech R. et Bertoletti L., 1968 - **Plantes des prairies permanentes, série Graminées,** A.C.T.A., Paris, 10 p. et 34 planches.
- Garaudaux J., 1965 - **Les prairies et leur flore,** Potasses d'Alsace, Mulhouse, 44 p.
- Kerguélen M., Clef de détermination de quelques Graminées fourragères *in* Duthil, **La production fourragère,** Baillières, Paris

■ Lambert J., 1972 - **Détermination des principales composantes de la prairie au stade végétatif,** Lab. Ecologie des prairies, Michamps, 16 p.

■ Pfitzenmeyer C., s.d. - **Les principales Graminées des prairies,** Potasses d'alsace, Mulhouse, 19 p.

■ Barloy J. & Lapeyronie A., s.d. - **Caractères botaniques et biologiques des plantes cultivées en France III. Graminées prairiales,** Chaire de phytotechnie, E.N.S.A., Rennes, 64 p.

■ Camus E., 1914 - **Les fleurs des prairies et des pâturages,** Le Chevalier, Paris, 273 p. + planches

Le livre de Camus est l'exemple même d'un livre écrit pour les pastoralistes par un non pastoraliste.

■ Lassimonne S., 1889 - **Les plantes des prés du Bourbonnais,** E. Auclaire, Moulins, 100 p.

■ Delcourt E., 1970 - De l'utilisation de certains caractères morphologiques pour la détermination pratique de Graminées provençales, *Bull. Muséum Hist. Nat. Marseille*, 30 : 119-133.

à près de 100 ans l'une de l'autre, deux des très rares publications régionales sur ce thème, alors que chaque région agricole devrait avoir la sienne, aussi bien en France qu'ailleurs, et notamment en Afrique...

Plus récents, les deux ouvrages suivants peuvent être d'un secours très large :

■ Dorée A., 1994 - **Flore pastorale de montagne tome I : les graminées**, Edit. Boubée, et Edit. Cemagref, Paris, 208

■ LECOMTE,E., 2000 – **Clé de détermination des principales graminées prairiales** in .GNIS, Diagnostic et rénovation des parairies, Annexe 2, 4 p.

■HOFMANS, K., 2000 – **Reconnaitre les graminées les plus répandues en Belgique**, 24 p.

■ Duhamel G., 1993 - **Flore pratique illustrée des Carex de France,** Edit. Boubée, Paris, 176 p.

Bien qu'écrit à l'intention des forestiers et des amateurs de biologie forestière :

■ Rameau J.C., Mansion D. & Dumé G., 1989 - **Flore forestière française, I. Plaines et collines**, Inst. pour le Développement forestier, Paris, 1791 p.

possède de bonnes clefs et d'excellentes figures pouvant aider le pastoraliste sur le terrain plus que celles de beaucoup des flores habituelles.

L'Amérique du Nord possède une littérature importante sur ce thème depuis

■ Nowosad F., Newton Swales D. & Dore W., 1936-42 - **The identification of certain native and naturalized hay and pasture grasses by their vegetative characters,** Pasture Stud. IX, Tech. Bull., 16, McGill Univ., Macdonald College, Montreal, 78 p.

Pour l'Europe, et en langues étrangères :

■ Hubbard C., 1954 - **Grasses**, A Pelican original, Penguin books, Harmondsworth, 463 p. continuellement réédité depuis sa parution initiale

■ Klapp E., 1965 - **Taschenbuch der Grasser,** Paul Parey, Berlin, 260 p.

Schweigart O., 1958 - **Fotobuch du Wiessenpflanzen,** BLV Verlag, Munchen, 324 p.

■ Vogler E., 1962 - **Grasserbestim mug nach Photos**, Paul Parey, Berlin, 107 p.

Ces deux ouvrages sont les plus précis et les plus complets en ce qui concerne les Graminées, mais le premier est de conception très taxinomique.

- Kiffmann R., 1962 - **Ecology, Echte gräser (Gramineae)**

- Kruijne A. & De Vries D.M., 1951-68 - **Vegetatieve herkenning van onze grasland-planten,** H.Veenan en Zonen, Wageningen, 111 p.

- Burr S. & Turner D., 1933 - **British economics grasses by leaf anatomy,** Ed. Arnold & Co, Londres,

- Zarco R., 1990 - Claves para la identificacion de los generos de Gramineas de la Peninsula iberica e Islas baleares, *Lagascalia*, 15, 2 : 223-263.

Ces deux derniers sont des recueils de clichés photographiques, ce qui est parfois, mais pas toujours, plus commode que des dessins ou des schémas, dont on trouvera de très bons exemples dans des ouvrages plus généraux (parce que pas exclusivement consacrés aux prairies) :

- Martin W., 1971 - **The concise british flora in colour**, Ebury Press & Michael Joseph Ltd., Londres, 250 p.

- Blamey M. et al., 1977 - **Wild flowers, the wild flowers of Britain and Northern Europe,** W. Collins and Co Ltd., 208 p.

- Bonnier G., 1990 - **La grande flore en couleur**, Belin, Paris, 1176 et 1177 p.

- Phillips R., 1983 - **Fleurs sauvages de France et d'Europe,** Ed. La Boetie, Paris, 208 p.

Les trois derniers ne concernent que les plantes fleuries, mais il y en a un très grand nombre et les reproductions (des photographies en couleur dans le dernier) sont très fines et donc très utiles. Le dernier n'est français qu'en apparence, il s'agit de la traduction d'un original paru sous le nom "Wild flowers of Britain" !! Ces ouvrages ne sont pas directement utiles, il faut les voir en complément des flores usuelles pour vérifier les déterminations par comparaison.

- Klapp E., 1958 - **Grundlandkrauter**, Paul Parey, Berlin, 96 p.

excellent pour les plantes diverses à l'état végétatif, cet ouvrage peut être utile même à qui ne lit pas l'allemand ; il est l'exemple même de ce qu'il faudrait dans chaque pays pastoral Le seul ouvrage utile sur ce plan est :

- Caputa, J., 1988 - **Les "Mauvaises Herbes" des prairies**, Station Féd. Rech. Agron. de Changin, Nyon, 192 p.

- Kiffmann – R., 1985 – *Echte Gräser (Gramineae),* Selbstverl., 51p.

est en allemand, mais par le nombre d'akènes représentés peut être très utile pour la reconnaissance des Cypéracées et des Juncacées en complément de l'ouvrage de Fitter & Fitter déjà cité et qui reste fondamental.

222.2 - En régions méditerranéenne et tropicale

L'étude du pâturage en pelouses méditerranéennes et, plus encore, dans les steppes et savanes des régions arides et surtout du Sahel, est moins assistée. Il n'y a dramatiquement peu d'ouvrages spécialisés de détermination.

- César, J., 1970 - Clé empirique de détermination des principales Graminées de la savane de Lamto au stade végétatif, *Bull. Liaison des chercheurs de Lamto*, juillet : 11-18.

- Toutain B., 1989 - **Guide d'identification des principales Graminées de Nouvelle Calédonie,** Coll. Etudes & Synthèses NE35, CIRAD-EMVT, Maisons Alfort, 96 p.

- Toutain B. & Dedeken, E., 1977 - Plantules de quelques espèces fourragères annuelles du Sahel. Guide de reconnaissance, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 30, 3 : 315-322.

ce dernier ne porte que sur les principales espèces dominantes ; il est dommage qu'il n'ait pas fait l'objet de suites...

Dans le même esprit, on peut recommander, pour les pays méditerranéens :

- L'Hermitage M., 1972 - Détermination au stade herbacé des principales Graminées des prairies et pâturages d'Algérie, *Ann. Inst. Agric. Serv. Rech. Exp. Agric. Algérie,* 7, 3 :

s'il y a une flore dans chaque pays méditerranéen, les pays tropicaux manquent encore d'ouvrages complets, modernes surtout. Parmi les quelques qui existent, citons :

- Barry J.P. & Celles J.C., 1992 - *Flore de Mauritanie*, Inst. Sup. Sci., Nouakchott, 2 vol.
- Audru J., Cesar J. & Lebrun J.P., 1994 - *Les plantes vasculaires de la république de Djibouti, Flore illustrée*, CIRAD-EMVT, Maisons Alfort, 3 vol.
- Poilecot, P., 1995 - *Les Poaceae de Côte d'Ivoire*, Boissiera NE 50, Genève, 734 p.
- Poilecot, P., 1999 - *Les Poaceae du Niger*, Boissiera NE 56, Genève, 766 p.

Le premier volume du second de ces ouvrages et la clé de détermination, les suivants réunissent une courte monographie par espèce.

Le pastoraliste doit de toutes manières se constituer sa propre collection de référence en récoltant de très nombreux échantillons des plantes qui peuvent être trouvées dans les pâturages, et à tous les stades. Il sera bon de faire un herbier de terrain, c'est-à-dire un recueil d'échantillons dans les états les plus typiques, avec leur détermination, et aménagé de manière à pouvoir être consulté rapidement et sans dommage pour les échantillons aussi souvent qu'il est nécessaire ; par exemple en collant les échantillons sur

des pages de papier à dessin et et en les introduisant dans des pochettes de plastique transparent ou en les plastifiant. L'objectif qui doit être le sien est, et reste toujours, de pouvoir déterminer toutes les espèces des pâturages quelque soit le stade phénologique, que la plante soit broutée ou non. Il y a de nombreux documents à distribution très limitée sur l'art et la manière de préparer un herbier ; peu sont orientés sur le pastoralisme :

- Garaudaux, J., sd - **Pourquoi et comment faire un herbier des plantes des prairies,** Potasses d'Alsace, Mulhouse, 38 p.
- Schnell, R., 1960 - Techniques d'herborisation et de conservation des plantes dans les pays tropicaux, *J. Agric. Trop.,* 7 : 1-47.
- Boudet, G., 1978 - **Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères,** Min. Coop., Paris et I.E.M.V.T., Maisons Alfort, 258 p. réédité en 1991
- Letouzey, R., 1982 - **Manuel de botanique forestière - Afrique tropicale** - tome 1, C.T.F.T., Nogent-sur-Marne, 193 p. (actuellement C.I.R.A.D.-Forêt, Montpellier)
- Martin, G., 1979 - Récolte et préparation des échantillons botaniques en vue de leur identification, *Oléagineux*, 34, 12 : 581-585

Le premier portant sur les pâturages tempérés et les suivants sur ceux de la zone inter-tropicale. Le dernier donne de nombreux conseils utiles pour les régions tropicales humides et indique plusieurs installations susceptibles de permettre le séchage des échantillons dans des conditions climatiques difficiles.

Il faut signaler :

- Génin, A., 1990 - **La botanique appliquée à l'horticulture**, Tech. & Doc., Paris, 232 p.
- Forman L. & Bridson D., 1989 - **The herbarium handbook**, Royal bagezan ot. Gard. Kew, 214 p.

le premier consacre tout un chapitre à "La constitution d'un herbier" et le suivant est l'ouvrage le plus complet et le plus récent sur la manipulation des échantillons botaniques et leur conservation.

Ce sont les Graminées que craignent le plus les novices, pourtant elles présentent de nombreux caractères distinctifs à l'état végétatif ; il faut prendre en compte la ligule, les oreillettes, les formes du limbe, de son extrémité, de la gaine, le type de pilosité, la nature de la préfoliaison, la structure et la couleur de la souche, la nervation et la structure des surfaces supérieure et inférieure du limbe. Un vrai pastoraliste doit se mettre à la place de l'animal intéressé par les organes végétatifs.

22.3 - Modalités de l'inventaire floristique

223.1 - Implantation et repérage du relevé

La prise en compte du plan d'échantillonnage indique combien il faut faire de relevés dans la région et dans quelles situations. L'examen des cartes, aidé par une utilisation des potentialités des logiciels comme ARCVIEW, permet de savoir où les conditions requises par le plan d'échantillonnage sont réunies de voir si ces emplacements sont accessibles et comment s'y rendre.

Sur le terrain, la première chose à faire avant d'implanter un relevé, est de procéder à un examen préliminaire de l'ensemble de l'emplacement, en explorant le terrain dans plusieurs directions pour déterminer les limites d'une zone **floristiquement homogène** c'est-à-dire :

Une surface n'offrant pas d'écart de composition floristique appréciable dans ces différentes parties (Guinochet) ;

compte tenu de ce que

la végétation donne à qui sait la lire les plus sures indications sur la nature du milieu (Flahault)

cette homogénéité relative est la garantie que les conclusions qui seront tirées de l'étude stationnelle seront généralisables.

Ce préalable déjà imposé au début du siècle dernier par Braun-Blanquet et recommandé depuis par tous les phytosociologues et les pratologues néerlandais a depuis été « redécouvert » par les agronomes sous le nom de « tour de prairie ». Il permet d'éviter d'investir sur l'examen de parcelles dont l'hétérogénéité n'a pas été reconnue à temps. L'emplacement de l'étude déterminé, avant de commencer les opérations d'inventaire, il convient d'en assurer un repérage sérieux qui puisse permettre un retour sans erreur au même emplacement, retour qui peut être fait par un autre observateur plusieurs années après. Pour cela il faut, comme cela a été souligné précédemment, éviter les localisations verbales trop imprécises. On prendra des mesures « à 10 m du portail de la parcelle dans telle direction ». Le choix des repères est important : un arbre peut être abattu, un poteau électrique déplacé, le tracé d'une route de montagne modifié… autant de repères perdus.

Il est indispensable de pointer le site choisi sur des documents cartographiques à grande échelle et, profitant des progrès techniques, en noter les coordonnées au **GPS** (global positioning system). Les directions seront relevées à la boussole et l'altitude à l'altimètre. Attention à la manière d'utiliser ces appareils, ils sont simples, demandent peu de dextérité, mais ne remplacent pas le savoir faire. On a vu des manipulateurs oublier de régler leur altimètre, d'autres prétendre que la boussole est une menteuse, d'autres enfin donner des coordonnées dignes de celles des Dupont & Dupond… Et il y a des centaines de relevés dont on ne sait pas où ni quand ils ont été faits… En résumé, pour qu'un relevé puisse servir de référence, il faut qu'il **soit localisé avec soin dans l'espace et dans le temps**.

Ce dernier point est souvent omis, et c'est une erreur très préjudiciable à une bonne utilisation ultérieure en raison des phénophases qui peuvent être très importantes, surtout en montagne (figure II.2) et dans les régions arides où pourtant certains osent afficher 200 relevés pastoraux à le même date.

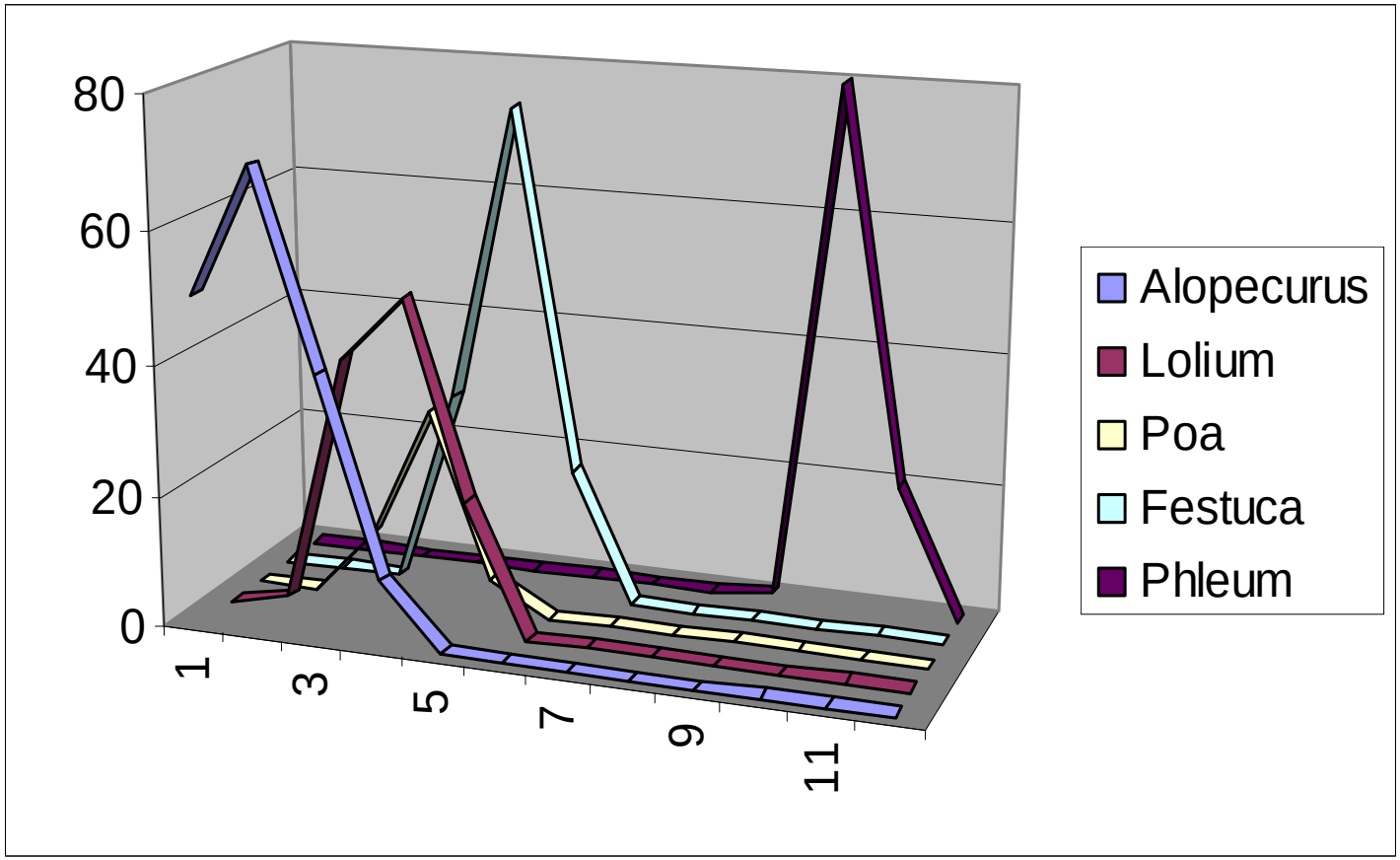


Figure II.2 – Décalage de la floraison des principales Graminées fourragères dans une prairie des monts du Jura en France (redessiné d'après BOYER, 1997)

223.2 - Grille de carrés emboîtés

Le système de la **grille de carrés emboîtés** est fondamental dans les enquêtes de phytosociologie. Le dispositif le plus fréquemment utilisé est représenté sur la figure II.3. On dresse la liste complète des espèces du carré 1 puis on recherche les espèces nouvelles du carré 2, du rectangle 3, du carré 4, etc. En définitive, cette méthode fournit la liste complète des espèces de l'aire analysée avec, pour chaque espèce le numéro de la surface dans laquelle elle est apparue. Mais le dispositif phytosociologique d'origine, rapporté sur la figure II.4 était un peu différent.

Les phytosociologues utilisent ce dispositif pour établir la courbe aire-espèce de la phytocénose. Quelques écologues ont reproché à ce dispositif de ne "pas être statistiquement correct" parce qu'une espèce rare apparue dans le carré 1 figure dans tous les autres ; ils préfèrent une série de placettes de tailles croissantes disposées au hasard dans la végétation. Cette suggestion ferait perdre à la grille de carrés emboîtés tout son intérêt qui réside surtout dans la rapidité d'exécution. Certes, il ne permet pas une analyse statistique de la courbe aire-espèce, ni de quantifier l'importance des espèces, mais pour les phytosociologues ce n'est pas son rôle ; ils en attendent une réalisation pratique de la courbe aire-espèce et une liste floristique complète et une appréciation de l'aire-minimale. Dans ce but limité elle remplit bien son objectif.

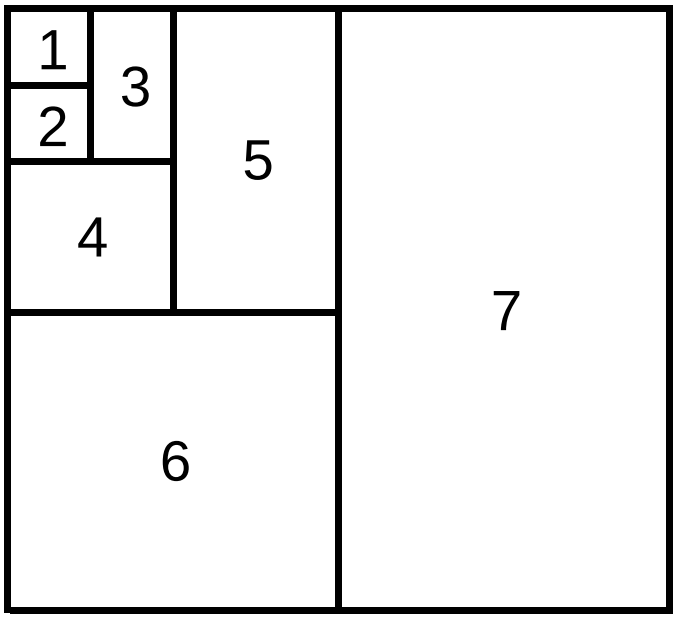


Figure II.3 – Mode actuel d'agencement des carrés emboîtés

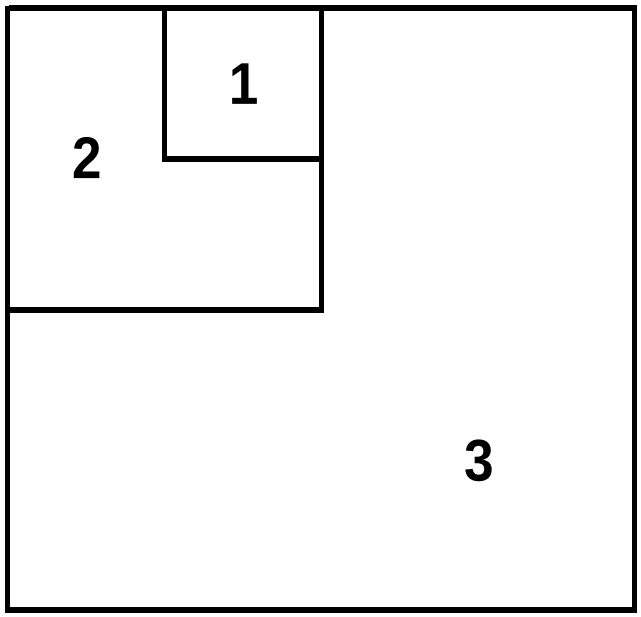


Figure II.4 – Mode originel d'agencement des carrés emboîtés (d'après Braun-Blanquet, 1928)

Naturellement, la courbe obtenue et la taille de l'aire minimale qui en sont déduites dépendent de l'acuité des observations ; ainsi pour certains l'aire-minimale des prairies est de 10, de 25 et même de 100 m^2, tandis que, pour d'autres, elle varie de 4 à 16. Il faut bien voir que, dans les formations herbacées denses, la végétation est constituée de brins, de tiges et de feuilles étroitement imbriqués les uns dans les autres, comme dans du feutre, et il faut, pour un inventaire méticuleux, examiner la totalité de ces brins et de ces feuilles un à un sur au moins 4 m^2, ce qui suppose que le pastoraliste sache distinguer toutes les espèces à tous les stades phénologiques. Alors, les aires trouvées sont de :

- 1 m^2 dans les pelouses alpines
- 4 m^2 dans les prairies permanentes des régions tempérées
- 8 m^2 dans les steppes continentales
- 16 m^2 dans les pelouses méditerranéennes des régions humides
- 32 m^2 dans les steppes des régions méditerranéennes sèches
- 64 m^2 en Badiah marginal steppes sub-désertiques très ouvertes

223.3 - Dans le relevé phytoécologique

Le **relevé phytoécologique** comporte une grille constituée selon un principe analogue. Il subdivise un rectangle 4 fois plus long que large et dont l'aire est choisie dans l'une des valeurs précédentes. Ce rectangle est divisé en 4 carrés égaux. Prenons l'exemple de l'analyse d'une prairie permanente. Le rectangle a pour dimensions 4 x 4 m. Dans un coin extérieur, on matérialise un carré de 12.5 cm de côté dont l'analyse floristique est faite en détail ; il est doublé en un rectangle de 12.5 x 25 où les espèces nouvelles sont recherchées, et ainsi de suite. Lorsque les 4 m^2 ont été entièrement dépouillés, on examine l'extérieur ; lorsqu'une espèce nouvelle y est notée, on enregistre la distance en centimètre qui sépare son collet de la limite du rectangle, et ce jusqu'à une distance de 4 à 5 m environ (figure II.5).

Le matériel nécessaire se réduit à 4 piquets, une corde de 10 m présentant cinq boucles séparées de 1, 4, 1, 4 mètres et un double-mètre métallique pliant. Il se met en place simplement en passant un piquet dans chaque boucle, la première et la dernière ayant le même piquet ; les piquets sont alors fixé dans le sol de telle façon que la corde soit bien tendue (si on les mesures de distances n'ont plus aucun sens). Le double-mètre est plié en deux à angle droit et sert, en le faisant coulisser le long de la corde à délimiter les bords des carrés intérieurs (figure 2.5).

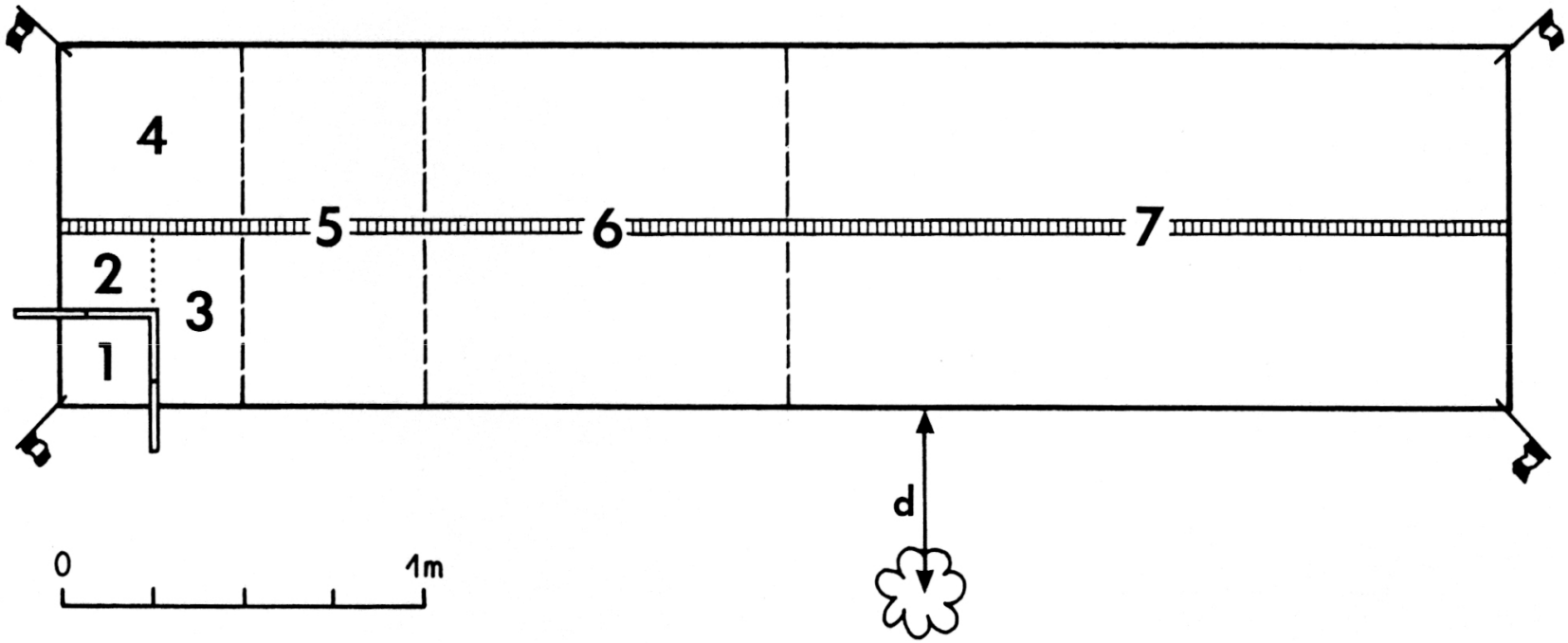


Figure II.5 – Organisation du relevé phytosociologique

Ici le premier carré est de 25 x 25 cm

Les surfaces analysées sont donc, en mètres carrés :

1	12.5	x	12.5	soit	1/64
2	12.5	x	25	soit	1/32
3	25	x	25	soit	1/16
4	25	x	50	soit	1/8
5	50	x	50	soit	1/4

etc.

Lorsque la végétation est un peu haute, il est encore possible de placer la corde, mais pas de faire coulisser le double-mètre, il faut apprécier les limites des carrés internes à l'oeil. On voit que le matériel peut facilement être adapté aux autres types de végétation. Au cours de l'étude des quadrats, dans le chapitre suivant, nous verrons des matériels qui ont été imaginés pour simplifier l'étude des grilles de carrés emboîtés.

La liste des espèces d'une station n'est jamais connue d'une manière parfaite pour plusieurs raisons :

- la notion d'espèce reste parfois imprécise,
- le relevé est fait à un moment particulier de l'année et privilégie la phénophase correspondante,
- les espèces sont souvent cachées,
- la surface du relevé est très inférieure à celle de la station,
- les connaissances de l'observateur sont imparfaites,
- les espèces peuvent être dans un état qui les rend indéterminables.

En définitive, la liste floristique est limitée aux espèces décrites dans la flore locale, observable au jour du relevé sur une surface limitée et non excessivement hétérogène.

2.3 -Caractérisations synthétiques de la flore

23.1 - La Biodiversité

231.1 – Richesse floristique

La **richesse floristique** est une notion qui rend compte de la **diversité de la flore**, c'est-à-dire du nombre de taxons inventoriés, dans la station examinée ; dans la théorie générale de la diversité biologique, développée par l'écologue britannique HILL, il s'agit du nombre de diversité d'ordre zéro. La richesse floristique n'implique aucun jugement de valeur sur le production ou les potentialités de la végétation ; en d'autres termes, la richesse floristique est indépendante de la richesse de la végétation.

Pratiquement, la flore de la station est celle de l'aire de base plus celle des extensions proches ou lointaines, c'est-à-dire d'une aire égale au quadruple de l'aire de base. Pour les prairies permanentes, cela fait donc 16 m2 ; dans la pelouse méditerranéenne 64 (4 x 16) etc. On parlera de flore

- **raréfiée**, lorsqu'il y a moins de 5 espèces sur cette aire stationnelle
- **très pauvre**, de 6 à 10 espèces
- **pauvre**, de 11 à 20 espèces
- **moyenne**, de 21 à 30 espèces
- **assez riche**, de 31 à 40 espèces
- **riche**, de 41 à 50 espèces
- **très riche**, de 51 à 75 espèces
- **exceptionnellement riche**, lorsqu'il y a plus de 75 espèces

Tableau II.3 – Flore de quelques pâturages d'Ardenne belge

Trifolium repens	+	+	+	+	+	+	*Vicia cracca*	+	.	+	.	.	.
Taraxacum officinale	+	+	+	+	+	+	*Capsella bursa-pastoris*	+	.	.	+	+	+
Rumex crispus	+	+	+	+	+	+	*Alchemilla vulgaris*	+	.	.	+	.	.
Ranunculus repens	+	+	+	+	+	+	*Bromus mollis*	+	.	.	.	.	.
Poa trivialis	+	+	+	+	+	+	*Alopecurus pratensis*	.	+	+	+	+	+
Poa pratensis	+	+	+	+	+	+	*Plantago lanceolata*	.	+	+	+	+	.
Plantago major	+	+	+	+	+	+	*Festuca rubra*	.	+	+	+	.	.
Phleum pratense	+	+	+	+	+	+	*Trifolium pratense*	.	+	+	.	.	.
Lolium perenne	+	+	+	+	+	+	*Leotodon automnalis*	.	+	+	.	.	.
Festuca pratensis	+	+	+	+	+	+	*Galeopsis sp.*	.	+	+	.	.	.
Dactylis glomerata	+	+	+	+	+	+	*Cynosurus cristatus*	.	+	+	.	.	.
Bellis perennis	+	+	+	+	+	.	*Anthoxantum odoratum*	.	+	+	.	.	.
Achillea millefolium	+	+	+	+	+	.	*Ranunculus bulbosus*	.	+	.	.	.	.
Holcus lanatus	+	+	+	+	.	+	*Pimpinella saxifraga*	.	+	.	.	.	.
Veronica serpylifolia	+	+	+	+	.	.	*Agrostis stolonifera*	.	.	+	+	.	+
Rumex acetosa	+	+	+	+	.	.	*Hypnum sp.*		.	.	+	+	.
Rhitidiadelphus squarrosus	+	+	+	+	.	.	*Cirsium arvense*	.	.	+	+	.	.
Veronica chamaedris	+	+	+	.	.	.	*Heracleum sphondylium*	.	.	+	.	.	+
Cerastium coespitosum	+	+	+	.	.	.	*Leontodon hispidus*	.	.	+	.	.	.
Poa annua	+	+	.	+	+	+	*Cirsium palustre*	.	.	+	.	.	.
Agrostis vulgaris	+	+	.	+	+	.	*Chrysanthemun leucanth.*	.	.	+	.	.	.
Carum carvi	+	+	.	.	.	.	*Stellaria media*	.	.	.	+	+	+
Arrenatherum elatius	+	+	.	.	.	.	*Urtica dioica*	.	.	.	.	.	+
Vicia cracca	+	.	+	.	.	.	*Ranunculus acer*	.	.	.	.	.	+

Le tableau II.3 confronte les flores de quelques parcelles prairiales des Ardennes en Belgique. Les six pâturages contiennent respectivement 27, 34, 35, 28, 19 et 20 espèces, donc le premier et le quatrième ont une **flore moyenne**, celles du second et du troisième sont **assez riches** et celles des deux derniers sont **pauvres**. Le tableau II.4 réunit les richesses floristiques trouvées dans quelques études de pâturage en différents endroits du monde.

Tableau II.4 – Richesse floristique stationnelle dans quelques régions pastorales

Richesse de la flore stationnelle	A	B	C	D	E	F	G	H	I
raréfiée	0	0	0	0	0	0	0	3	27
très pauvre	1	0	7	0	0	13	0	12	17
pauvre	3	1	23	3	11	46	3	52	1
moyenne	19	4	22	19	37	29	6	9	0
assez riche	15	14	1	24	11	1	12	0	0
riche	1	28	0	25	4	0	11	0	0
très riche	0	0	0	0	0	0	1	0	0
extrèmement riche	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de stations	39	62	53	76	63	89	53	75	45

A: Stepeps de Mongolie chinoise ; B : Jura français ; C : Savanes sahéliennes du Sénégal ; D : Massif central français ; E : Alpages du lautaret ; F : Pâturages du Québec ; G : Savanes de l'Adamaoua au Cameroun ; H : Steppes du Bahr-el-Ghazal au Tchad : I : Badiah de Mauritanie

Ces chiffres permettent de calculer une richesse floristique moyenne et son intervalle de sécurité. Ainsi, la steppe mongole a une richesse moyenne de 29,3 avec un écart type de 8,95 donc un intervalle de sécurité assez grand lié au faible effectif de l'échantillonnage ; dans les pâturages du Jura, la richesse moyenne est de 47,5 avec un écart type de 13,04. La richesse floristique moyenne est une des caractéristiques de la biodiversité mais pas toujours la meilleure. En effet, comme toujours avec la moyenne, l'influence des cas extrêmes peut être importante surtout lorsque le nombre de relevés est faible. Ainsi, pour la série 8 32 9 2 1 3 7 4 10 5 2, la moyenne est 7,55 ; dans cette situation, il est préférable d'utiliser la richesse médiane pour caractériser la biodiversité locale, c'est-à-dire un nombre tel que la moitié des données lui soient inférieures (et la moitié supérieure). Dans l'exemple ci-dessus ce sera : 5, ce qui traduit le caractère exceptionnel de la station qui a 32 espèces dans un contexte de station dont la flore est très pauvre. La dispersion des données est bien caractérisée par le calcul du minimum, du maximum, du premier et du troisième quartile, du premier et du neuvième décile, étant entendu que le premier quartile est le nombre qui divise les données rangées par ordre de taille croissante en deux lots contenant respectivement le quart et les trois-quart des données, tandis que le troisième divise cet ensemble en deux lots contenant les trois-quart et le quart des données.

Les richesses floristiques de 74 relevés de savane du nord-est du Burkina Faso dus au Dr. J.C. Bille sont les suivantes : 9, 13, 2, 14, 13, 26, 26, 28, 8, 26, 9, 28, 14, 13, 2, 16, 12, 3, 13, 2, 26, 28, 9, 13, 16, 3, 13, 28, 16, 12, 12, 8, 13, 13, 3, 13, 2, 13, 2, 28, 9, 16, 12, 3, 13, 14, 13, 26, 9, 2, 14, 28, 9, 26, 7, 12, 16, 3, 13, 38, 3, 12, 16, 13, 23, 18, 7, 4, 10, 5, 19, 6, 25, 24. Ce groupe de relevés analysés comporte 13 relevés dont la flore est raréfiée, 12 relevés dont la flore est très pauvre, 33 relevés dont la flore est pauvre, 15 relevés dont la flore est moyennement riche et 1 relevé dont la flore est assez riche.

Rangée par ordre de valeurs croissantes, cette série devient : 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 5, 6, 7, 7, 8, 8, 9, 9, 9, 9, 9, 9, 10, 12, 12, 12, 12, 12, 12, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 13, 14, 14, 14, 14, 16, 16, 16, 16, 16, 16, 18, 19, 23, 24, 25, 26, 26, 26, 26, 26, 26, 28, 28, 28, 28, 28, 28, 38 ; comme le nombre de valeurs est pair, il n'y a pas d'observation centrale, la médiane de la série est donc la moyenne des deux valeurs centrales, les 37ème et 38ème toutes deux égales à 3. 10% de 74 cela fait 7,4, donc la valeur du premier décile est la moyenne des 7ème et 8ème toutes deux égales à 3. En définitive, la distribution a les caractéristiques suivantes :

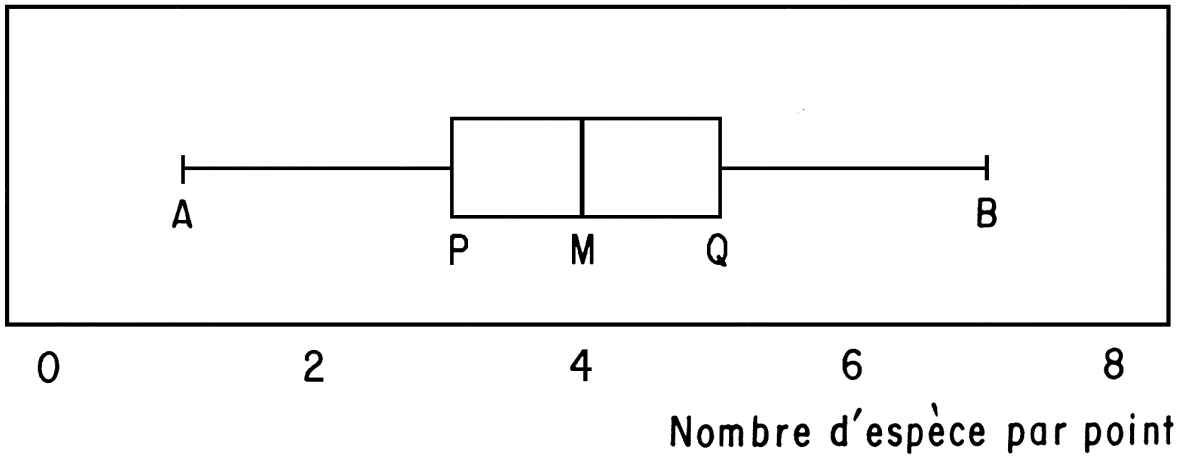
RICHESSE MOYENNE	:	13,7
DEVIATION STANDARD	:	8,43

La dispersion autour de la moyenne (la déviation standard), assez importante, est due aux quelques valeurs les plus élevées, en particulier au maximum.

RICHESSE MINIMALE	:	2
PREMIER DECILE	:	3
PREMIER QUARTILE	:	8
RICHESSE MEDIANE:		13
TROISIEME QUARTILE	:	16
NEUVIEME DECILE	:	26
RICHESSE MAXIMALE	:	38

L'intervalle interquartile, la différence entre le 1er et le 3ème contient 50 % des observations, il traduit bien le type de dispersion des observations. Un diagramme en boxplot, donne une représentation imagée très parlante de la distribution des valeurs parce qu'il reprend toutes les valeurs ci-dessus (figure II.6).

Figure II.6 – Diagramme en Boxplot du nombre d'espèces par point



Une fertilisation importante et prolongée dans le temps diminue sensiblement la richesse floristique ; ainsi, dans diverses parcelles jurassiennes, certaines ont été fertilisées par apport d'azote sur une partie, tandis qu'une autre partie restait non fertilisée à titre de témoin, tout en conservant une exploitation pâturée normale. Les résultats suivants ont été notés :

Tableau II.3– Richesses floristiques et fertilisation

Parcelles	1	2	3	4
Non fertilisée	44	53	55	37
Avec 100 N		41	34	
Avec 150 N	22	22		31
Avec 500 N			17	

En Ardennes, 13 relevés ont été faits (dont les 4 premiers du tableau précédent) dans des parcelles en utilisation traditionnelle et 2 dans des pâturages très fortement fertilisés avec 600 $N.ha^{-1}.an^{-1}$ (les deux derniers du tableau t2) ; la moyenne des premiers est 30,9 avec un écart-type de 2,73, les parcelles fertilisées ont une richesse de 18 :

$$Z = \frac{30.85 - 18}{2.73} 4.076$$

comme z > 3,84 l'écart entre ces richesses est hautement significatif, donc il y a une réduction très nette de la richesse floristique sous l'influence de l'azote. On voit sur ces quelques exemples ce qu'a d'exagéré l'affirmation habituelle que la fertilisation change la végétation mais pas la flore. Cette appauvrissement de la flore lié à l'importance de l'apport d'azote se retrouve chaque fois que l'un des facteurs édaphiques prend une grande prédominance sur les autres. Ainsi, dans la steppe d'Algérie, le faciès à *Artemisia herba-alba* de l'arrière pays d'Ain-Skrouna présente une richesse de 24 ; sous l'effet conjugué de l'eau et du sel, elle passe à 11 auprès du Chott Es Chergui, puis à 8 dans les groupements à *Juncus maritimus* près du rivage, à 4 dans les formations les plus halophyles, et enfin s'annule dans le chott. La figure suivante montre la variation de la richesse spécifique stationnelle des formations cultivées ou pâturées avec l'importance des éléments du milieu dans un secteur de l'ouest de Burkina Faso.

L'appauvrissement de la flore, donc la diminution de la biodiversité, a souvent été mis en relation avec celui de la végétation ; moins le tapis végétal comporte d'espèce et plus sa production est faible a-t-on affirmé. Il est vrai que le transect précédent confirme cet adage, il l'est aussi lorqu'on confronte les savanes guinéennes, puis soudano-guinéennes et soudano-sahéliennes, avec les steppes sahéliennes et sahélo-sahariennes. Mais cela ne peut être généralisé, en effet, les bourgoutières du Sahel ont une flore très pauvre, limitée souvent à 2 ou 3 espèces, dont les Graminées *Echinochloa stagnina* et *Oryza barthii*, alors que les steppes voisines ont des flores nettement moins squelettiques et pouvant atteindre 15 à 20 espèces ; pourtant ce sont les formations les plus productives de la région. Plus au sud, les savanes à *Hyparrhenia* dominant ont des flores très pauvres et une production nettement plus fortes que celles des savanes voisines dont la flores est moyenne. Et bien entendu, la culture a pour effet de diminuer la flore et d'augmenter la végétation...

231.2 - Diversité florale

Il est clair que le nombre d'espèces ne suffit pas pour caractériser la diversité d'une flore stationnais ou locale. En effet, le tableau II.4 présente le cas de pâturages du Sahel dont la flore est très pauvre avec la même richesse floristique :

Tableau II.4 – Flores et familles de quatre relevés du Sahel

Espèces	Relevés			
	1	2	3	4
Acacia raddiana	,	M	,	,
Acacia senegal	,	,	,	M
Acacia seyal	,	,	,	M
Aristida funiculata	G	G	,	,
Aristida mutabilis	G	,	,	,
Balanites aegyptiaca	,	Z	,	,
Boscia senegalensis	,	,	,	K
Cadaba farinosa	,	,	,	K
Cassia obtusifolia	,	,	C	,
Cenchrus biflorus	G	,	,	,
Chloris pilosa	,	,	G	,
Echinochloa colona	,	,	G	,
Echinochloa obtusifolia	,	,	G	,
Eragrostis cilianensis	G	,	,	,
Heliotropium supinum	,	B	,	,
Leptadenia pyrotechnica	,	A	,	,
Maerua crassifolia	,	K	,	,
Panicum laetum	,	,	G	G
Schoenefeldia gracilis	G	,	,	,
Setaria pumila	,	,	G	,
Trichoneura mollis	G	,	,	,
Ziziphus mauritiana	,	,	,	K

A: Asclepiadaceae ; B: Boraginaceae ; C: Caesalpiniaceae ; G: Poaceae ; K: Capparidaceae ; M: Mimosaceae ; R: Rhamnaceae ; Z : Zygophyllaceae ; 1: Peyre de Fabrègues, Niger, Novembre 1964 ; 2 : A. Gaston, Tchad, Novembre 1975 ; 3 : Cameroun, Septembre 1972 ; 4: Cameroun, Avril 1973 – Extraits de la base FLOTROP1

Dans le premier, les 6 espèces appartiennent à la même famille tandis que dans le second il y a six familles ; il est donc possible de dire à juste titre que la diversité du premier est plus faible que celle du second. Les nombres de diversité d'ordre 1 et 2 rendent compte de ce phénomène. Il sont, en ce qui concerne la flore, calculés à partir de la liste des familles pondérées par le nombre d'espèces correspondantes ; cela permet de calculer la fréquence relative p(i) de chaque famille **i** dans la flore (tableau II.4) puis de calculer la diversité informatique :

$$H' = - \Sigma p(i) \text{ Log } p(i)$$

et la diversité probabiliste :

$$H'' = \Sigma p(i)^2$$

puis les nombres de diversité correspondants :

$$N1 = e^{H'} \text{ Et } \quad N2 = H''^{-}$$

calcul simple montre que, dans le cas d'équirépartition dans les familles, donc quand il y a le même nombre d'espèce par famille, tous les nombres de diversité sont égaux au nombre de famille, à 1 si toutes les espèces relèvent de la même famille. Dans le cas des stations du tableau II.4, il vient :

Tableau II.5 – Nombre de diversité de la flore des quatre stations du Sahel

Station	1	2	3	4
H'	0	1,79	0,45	1,32
N1	1	6	1,57	3,78
N''	1	0,17	0,72	0,33
N2	1	6	1,38	3,6

Dans la première station les 6 espèces sont de la même famille, la diversité de la flore est minimale ; dans la seconde, elles correspondent à 6 familles différentes, et les nombres de diversité prennent une valeur maximale ; dans la troisième il y a une famille très largement dominante qui diminue la diversité de la flore. Enfin, la quatrième station à une diversité intermédiaire qui se traduit par des chiffres intermédiaires eux aussi.

23.2 - La courbe aire-espèce

La courbe aire-espèce a déjà été évoquée à plusieurs reprises, nous examinerons ici sa construction et son interprétation phytosociologique sur quelques exemples.

232.1 - Une steppe de Mongolie et l'approche phytosociologique

Le tableau II.6 réunit les 36 espèces observées avec les Professeurs Jiang Shu et Li Bo dans une steppe de Mongolie selon le système des surfaces emboîtées et le tableau II.7 en fait la synthèse.

Ces données permettent de construire la courbe cherchée en portant, en abscisses les surfaces et en ordonnées les effectifs (figure II.7). La forme très régulière de la courbe montre que les observations ont été effectuées dans des conditions d'homogénéité très satisfaisantes. La valeur de l'aire minimale s'obtient par la construction suivante :

- La droite de pente 10% passant par l'origine est tracée en premier lieu ;
- la tangente à la courbe aire-espèce parallèle à cette droite est tracée en second lieu ;
- le point de tangence est rabattu sur l'axe des abscisses, ce qui indique la valeur de l'aire cherchée.

Ici, la figure II.7 met en évidence une aire minimale de 20 mètres carrés.

Tableau II.6 - Liste floristique d'une steppe de Mongolie

m²	Espèce	m²	Espèce
1/64	*Aneurolepidium chinense*	1/2	*Potentilla multifida*
	Stipa grandis	1	*Achnatherum sibericum*
	Carex kotshinski		*Pedicularis striata*
	Orostachys malacophyllus		*Gentiana squarrosa*
	Artemisia commutata		*Potentilla acaulis*
	Serratula centaurioides		*Melissitus ruthenia*
1/32	*Caragana microphylla*	2	*Artemisia frigida*
	Koeleria cristata		*Allium sesencens*
	Agropyrum cristatum	4	*Thalictrum petaloideum*
1/16	*Phlomis mongolica*		*Pulsatilla tenuiloba*
	Potentilla bifurca		*Allium tenuissimum*
	Poa angustifolia	8	*Dendostemion micranthus*
	Kochia prostrata		*Thesium chinense*
1/8	*Cleistogenis squarrosa*		*Melanchyrium brechypetalum*
1/4	*Allium anisopodium*	16	*Allium condensatum*
	Salsola collina	32	*Adenocarpus coronopifolius*
1/2	*Saposthinichovia divaricata*		*Heterocappus altaicus*
	Bupleurum scorzonifolium	64	*Adenophora stenanthina*

Tableau II.7 - Eléments pour la construction courbe aire-espèce de la steppe précédente

Surfaces	Effectifs	Surfaces	Effectifs
1/64	6	2	26
1/32	9	4	29
1/16	13	8	32
1/8	14	16	33
1/4	16	32	35
1/2	19	64	36
1	24	128	36

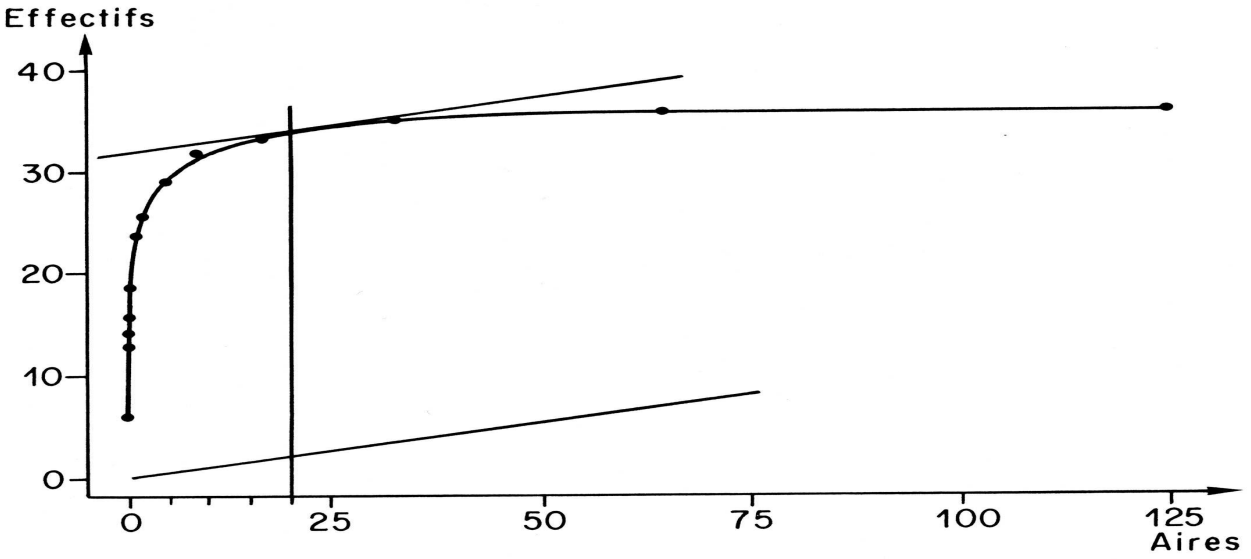


Figure II.7 – Courbe aire-espèce de la station de steppe chinoise

232.2 - Une prairie de montagne et l'approche phytoécologique

L'exemple traité correspond à un pâturage du Jura situé à 800 m d'altitude (Tableau II.8). Le premier point de l'interprétation de ce type de données est de traduire les distances notées pour les plantes en extension par les surfaces correspondantes. L'aire de base, matérialisée sur le terrain, a pour dimensions S = 4a x a = $4a^2$. L'aire S' contenant toutes les espèces situées à une distance du bord de S au plus égale à x s'écrit, compte tenu des angles :

$$S' = S + 4\,ax + ax + 4\,ax + ax + \tfrac{1}{2}\pi x^2$$

$$S' = S + 10\,ax + \tfrac{1}{2}\pi x^2$$

Pour S' = 2S

$$2S = S + 10\,ax + \tfrac{1}{2}\pi x^2$$

Et, puisqu'ici S = 4 m^2 et a = 1 m

$$10\,x + \tfrac{1}{2}\pi x^2 + 10\,x - 4 = 0$$

Équation du second degré dont la seule racine utile est x=0,377 m

Tableau II.8 – Liste floristique d'un pâturage à 800 m dans le Jura français

m²	Espèces	m²	Espèces
1/4	*Anthoxantum odoratum*		*Koeleria cristata*
	Bromus erectus		*Centaurea scabiosa*
	Poa trivialis		*Luzula campestris*
	Festuca rubra		*Dicranum bonjeani*
	Agrostis vulgaris		*Rhithidiadelphus squarrosus*
	Briza media		*Pseudoscleropodium purum*
	Avena pubescens		*Thymus serpyllum*
	Primula officinalis		*Potentilla verna*
	Sanguisorba minor		*Hypnum cupressiforme*
	Alchemilla vulgaris		*Colchicum automnale*
	Lathyrus pratensis	2	*Carex caryophyllea*
	Lotus corniculatus		*Festuca pratensis*
	Potentilla tormentilla		*Cerastium arvense*
	Galium asperum		*Galium verum*
	Cirsium acaule		*Euphorbia cyparisias*
	Leontodon hispidus		*Galium mollugo*
	Carex glauca		*Dactylis glomerata*
	Plantago lanceolata		*Chrysanthemum leucanthemum*
	Poa pratensis	4	*Hippocrepis commosa*
	Scabiosa prantense		*Listera ovata*
	Silene inflata		*Achillea millefolium*
	Ranunculus acer	**en extension**	
1/2	*Taraxacum officinale*	à 2 cm	*Veronica chamaedris*
	Trifolium montanum	à 20 cm	*Hypericum perforatum*
	Vicia sepium	à 80 cm	*Rhinanthus minor*
	Plantago media	à 1,0 m	*Brachypodium pinnatum*
	Hieracium pilosella	à 2,2 m	*Festuca glauca*
	Cerastium coespitosum	à 3,2 m	*Polygala calcarea*
	Trifolium pratense	à 3,4 m	*Orchis morio*
	Centaurea jacea	à 4,0 m	*Ajuga reptans*
	Viola hirta	à 4,2 m	*Gentiana verna*
1	*Linum catharticum*		

Les espèces dont les distances notées sont au plus égales à 0,377 m (pratiquement, strictement inférieure à 38 cm) sont dans l'aire S' = 2S. Le tableau suivant donne les distances pour plusieurs surfaces de base et pour des aires en progression géométriques de raison 2.

Tableau II.9 - Caractéristiques des aires d'extension

Petit côté	a	1	2	4	8
Aire de base	S	4	8	16	32
Extensions	2S	0,38	0,66	0,99	1,25
	4S	1,03	1,6	2,08	2,4
	8S	2,6	2,92	3,5	3,84
	16S	3,77	4,79	5,44	5,8

En revenant aux observations du tableau II.9, il apparaît deux espèces situées à une distance inférieure à 0,38 m (exactement à 2 cm et à 20 cm) ; elles sont apparues dans l'aire double. Deux espèces sont à 0,80 et 1 m de distance ; ces deux valeurs étant inférieures à 1,03, ces espèces sont apparues dans l'aire quadruple, etc. En définitive, les valeurs du tableau II.9 permettent de construire la courbe cherchée en portant, en abscisse les surfaces et en ordonnées les effectifs (figure II.8).

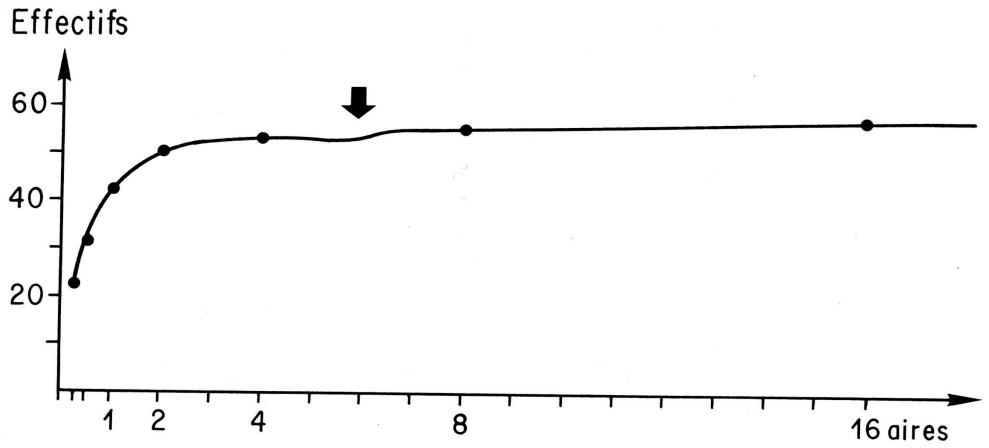


Figure II.8 – Courbe aire-espèce de la station de montagne du Jura français

La courbe aire-espèces obtenue est assez régulière, donc la végétation est aussi homogène que dans l'exemple de la steppe mongole.Une hétérogénéité, faible, apparaît au delà de 32, donc assez loin du centre de l'analyse.

Il faut souligner que les courbes aire-espèce **ne passent pas par l'origine** des axes ; en effet, si elle le faisait, cela reviendrait à dire que dans une aire nulle, il n'y a aucune espèce, ce qui est faux comme on le verra plus bas dans l'analyse des points-quadrats qui sont des unités d'échantillonnage de surface nulle.

232.3 - Une savane de Côte d'Ivoire et les aires optimales

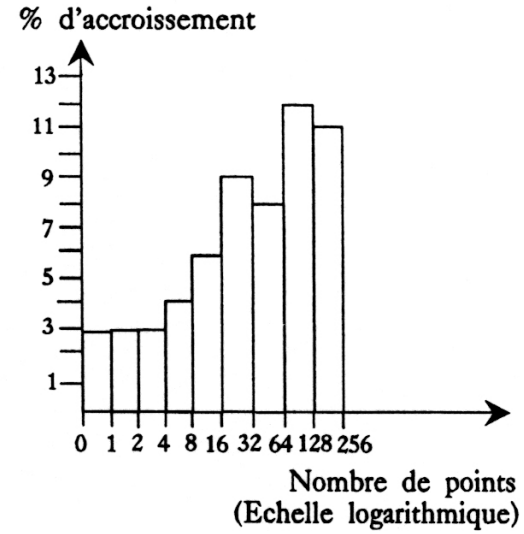
Quatre stations en savane à palmier rônier ont été étudiée en Côte d'Ivoire, à Lamto, par une série de carrés emboîtés de tailles croissantes accompagnées de séries de 100 ou 256 points quadrats. Au moment de l'inventaire, le pastoraliste a recensé un nombre total d'espèces **N** dans la station ; comme l'aire a été analysée par portions de surfaces croissantes, à chacune de ces portions le nombre d'espèces rencontrées correspond à une fraction de **N**. Ainsi, dans la station 1, N = 38 sur les 256 m^2 dont 30 sur les 4 premiers ; la proportion des espèces rencontrées sur 4 m^2 est donc de :

$$100 \times \frac{30}{38} = 78.9\%$$

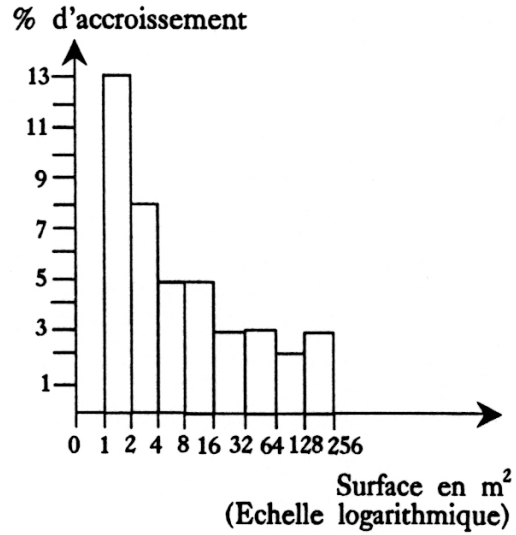
Les diverses proportions obtenues en fonction de la taille des surfaces analysées ont été reportées en coordonnées gausso-logarithmiques sur le graphique de la figure II.9 (les points de la partie supérieure). L'interprétation conduit à un ajustement linéaire ; il suggère qu'une distribution log-normale de l'accroissement ***Ns** du nombre d'espèces en fonction de la taille des surfaces analysées peut être admise. Ainsi, l'histogramme de la figure II.10, qui représente l'accroissement du nombre d'espèces par portions de surfaces croissantes depuis 1 jusqu'à 256 m^2 dans la première de ces quatre stations, peut être interprété comme la partie située à droite d'une distribution log-normale ou de Galton, dont les paramètres sont, en logarithmes :

$$m = - 0.8 \ \& \ s = 3.8$$

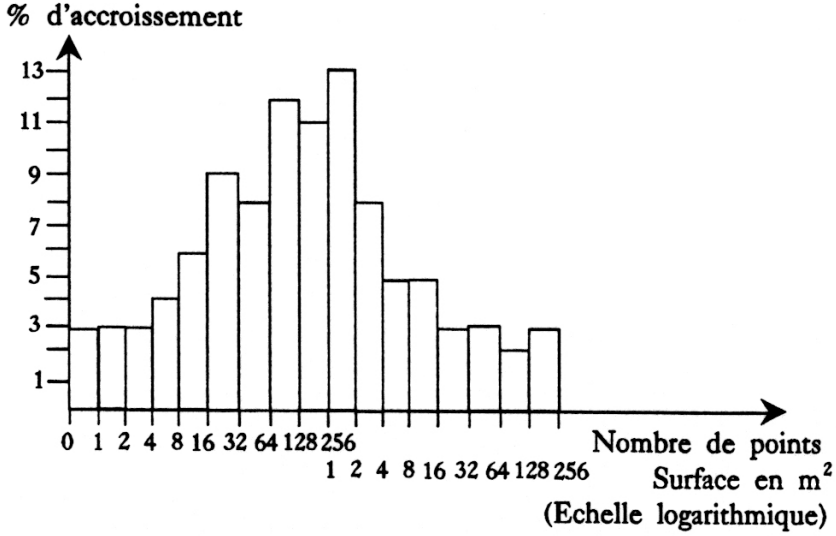
Figure II.9 – Histogrammes du nombre d'espèces par unité d'échantillonnage



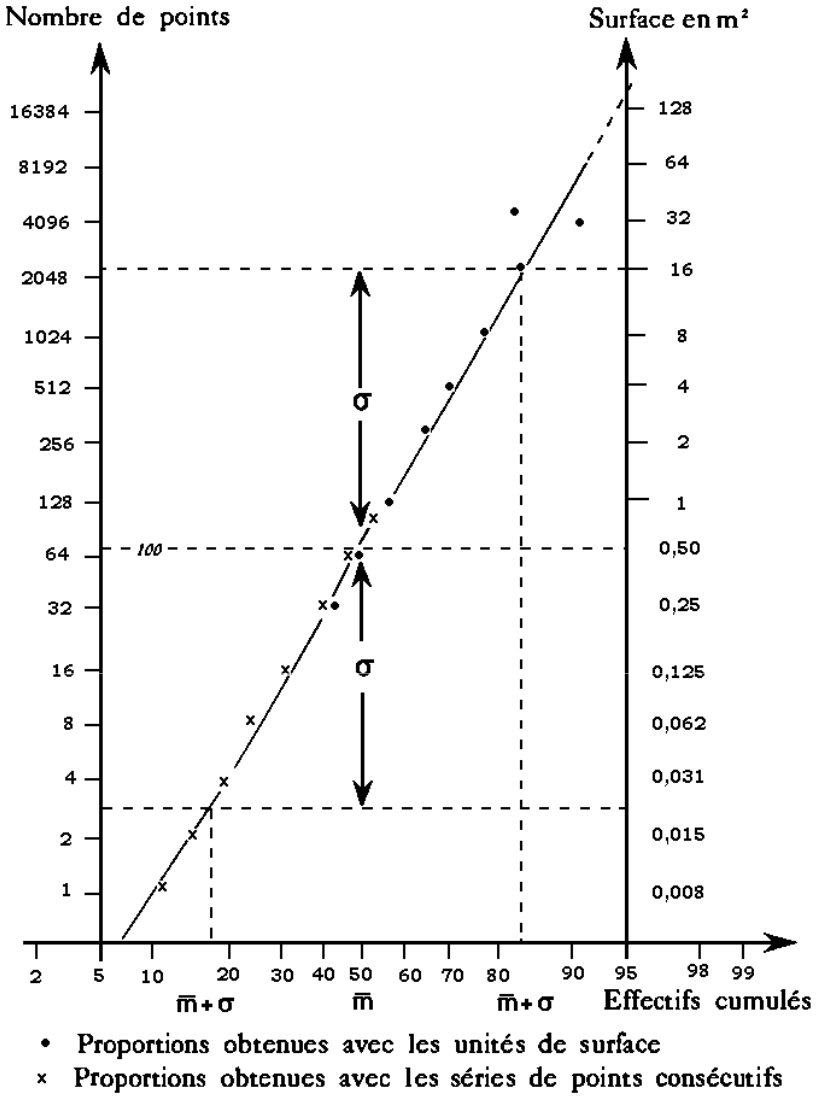
a) Histogramme des taux d'accroissement du nombre d'espèces par séries croissantes de points consécutifs.



b) Histogramme des taux d'accroissement du nombre d'espèces par portions de surfaces croissantes



c) Histogramme général des taux d'accroissemnet du nombre d'espèces en fonction de la taille des unités échantillonnées (surfaces ou séries de points)


Nombre de points
Surface en m²
16384
8192
4096
2048
1024
512
256
128
64
32
16
8
4
2
1
128
64
32
16
8
4
2
1
0,50
0,25
0,125
0,062
0,031
0,015
0,008
100
σ
σ
2
5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
95
98
99
m̄+σ
m̄
m̄+σ
Effectifs cumulés
• Proportions obtenues avec les unités de surface
× Proportions obtenues avec les séries de points consécutifs

Pour les 3 autres stations, ces paramètres sont, respectivement :

m	-0,7	-0,9	-1,0
s	-4,8	5,5	5,0

Ces quelques résultats mettent en évidence que les moyennes des 4 distributions de ***Ns** sont peu différentes et voisines de -1, ce qui entraîne que 50% des espèces (ou 1/2 de N) de la station sont rencontrées dans le premier demi mètre carré prospecté.

Pour les stations 2, 3 et 4, dont les végétations étaient au même stade phénologique, les écarts types des distributions sont du même ordre ; elles peuvent être considérées comme trois échantillons de la même population. La moyenne des proportions de **N** obtenues pour ces trois stations figure dans la dernière colonne du tableau II.10 ; ces proportions reportées en coordonnées gaussiennes mettent en évidence une droite (droite de Henry) et les paramètres de la distribution sont :

$$m = - 0,8 \ \& \ s = 4,8$$

Pour les 4 stations, le nombre d'espèces par point varie de 0 à 7. Il est possible de regrouper les points juxtaposés sans chevauchement par 2, 4, 8... et de voir le nombre moyen d'espèces obtenu pour chaque série, ainsi que la proportion par rapport à **N**.

Dans le relevé 2 :

- 100 séries de 1 point donnent 2.7 espèces, soit 9.5% de N,
- 50 séries de 2 points donnent 5.5 espèces, soit 12.2%,
- 5 séries de 4 points donnent 8.4 espèces, soit 17.2%, etc.

Tableau II.10 - Construction de la courbe aire-espèce de la savane précédente

Nombre de	Nombre d'espèces				Pourcentage			
points	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1,4	2,7	2,8	2,9	2,7	9,5	10,3	12,6
2	2,1	3,5	3,4	4,0	5,5	12,2	13,8	17,4
4	3,2	5,0	4,7	5,4	8,4	17,2	17,2	23,6
8	4,6	6,6	5,4	6,8	12,1	22,7	20,7	29,8
16	7,0	8,2	7,0	8,7	18,0	28,2	24,1	37,6
32	10,2	10,0	9,7	10,5	27,0	34,4	34,4	45,6
64	13,2	14,0	13,0	11,5	35,0	48,3	44,7	50,0
100		16,0	14,0	13,0		55,2	48,2	56,5
128	18,0				47,0			
256	22,0				58,0			

Le report de ces valeurs en coordonnées gausso-logarithmiques donne un bon ajustement linéaire qui suggère une distribution log-normale de l'accroissement ***Ns** du nombre d'espèces en fonction de la taille des séries de points consécutifs (figure 2.9, les croix). Dans le cas de la station 1, l'histogramme de la figure 2.10-a peut être interprété comme la partie gauche de la moyenne d'une distribution log-normale (ou de Galton) dont les paramètres sont :

$$m = 7,4 \quad \& \quad s = 3,8$$

pour les 3 autres stations, ces paramètres sont respectivement :

m	6,5	6,9	6
s	-4,8	5,4	5,0

Il se dégage que :

- Les moyennes des stations 2, 3 et 4 ne sont pas significativement différentes de leur valeur moyenne 6.5, ce qui entraîne que 50% des espèces sont trouvées avec environ 100 points.

- Pour ces stations, les écarts-types sont peu différents et ces 3 stations peuvent être considérées comme trois échantillons de la même population dont les paramètres sont, en logarithmes : m = 6., & s = 4,8

La distribution log-normale trouvée conduit à une interprétation phytologique des principales caractéristiques de cette distribution :

■ $\mu + \sigma$ correspond à la proportion de 84% du nombre N de toutes les espèces de la station au moment de l'inventaire. Ici, cette proportion est rencontrée sur 16 m^2. Elle constitue l'aire optimale phytosociologique de la strate herbacée des savanes de Lamto, avec la définition suivante :

L'aire optimale phytosociologique est la plus petite surface sur laquelle on dénombre 84% des espèces présentes dans une station au moment de l'inventaire.

■ $\mu - \sigma$ correspond à la proportion de 16% du nombre N de toutes les espèces de la station au moment de l'inventaire. Ici, cette proportion est rencontrée sur 250 cm^2 ou avec une série de 3 points. Elle constitue l'aire optimale agronomique de la strate herbacée des savanes de Lamto, avec la définition suivante :

L'aire optimale agronomique est la plus petite surface sur laquelle on dénombre 16% des espèces présentes dans une station au moment de l'inventaire.

Pour la savane étudiée, l'aire optimale phytosociologique correspond à une surface de 16 m2 (ou environ 2 048 points) et l'aire optimale agronomique à une surface d'environ 225 cm2 ou 3 points).

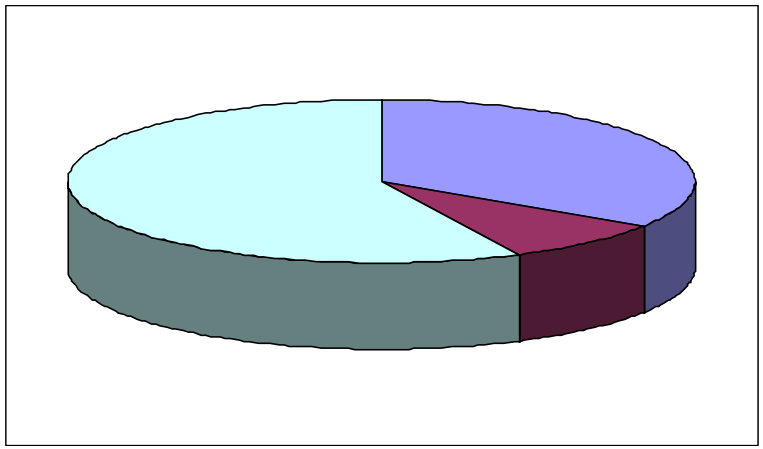
232.4 - Spectres floraux

Le pastoraliste recherche très souvent des flores riches en graminées et en légumineuses, aussi est-il intéressant d'examiner la teneur de la flore en ces éléments ; c'est le rôle de l'analyse des **spectres floraux**. Elle se branche directement sur le calcul des fréquences relatives des familles (paragraphe 2.3.1.2), qui sont regroupées en quatre catégories, les **Graminées**, les **Légumineuses** : ensemble des Papillonaceae, des Mimosaceae et des Cesalpiniaceae et les **plantes diverses** en distinguant les graminoïdes, c'est-à-dire les Carex, les Joncs, les Luzules... des autres diverses. Dans les exemples du paragraphe 2.3.1, les résultats obtenus sont dans le tableau 2.13.

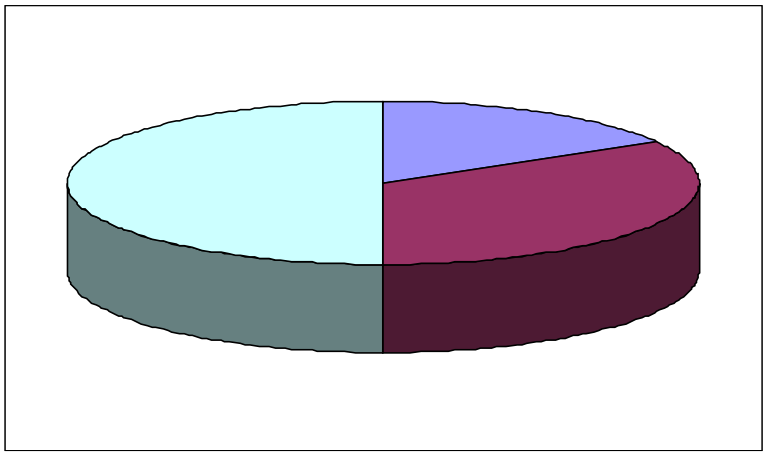
Il a été souligné, que les parcelles belges 1 à 4 sont exploitées de manière traditionnelle, leurs taux graminéens sont inférieurs à 43 (moyenne 40.1) ; les parcelles 5 et 6 sont fortement fertilisées en azote et leurs taux graminéens sont supérieurs à 47 (moyenne 48.7), la différence est significative (F=7.9). Parallèlement, les taux de plantes diverses sont, dans le premier cas supérieurs à 50 (moyenne 53.5) tandis que dans le second, ils restent inférieurs à 45 (moyenne 46.2), la différence étant hautement significative (F=12.8).

Tableau II.13 – Exemples de spectres floraux

		G	L	D	
				g	a
Belgique	1	40,7	7,4	0,0	51,5
	2	34,3	8,6	0,0	57,1
	3	50,0	5,0	0,0	45,0
Sahel	1	100,0	0,0	0,0	0,0
	2	16,7	16,7	0,0	66,7
	3	83,3	16,7	0,0	0,0
	4	16,7	33,3	0,0	50,0
	5				



Belgique n°2



Sahel n°4

Il a été souligné que les parcelles belges 1 à 4 sont exploitées de manière traditionnelle, leurs taux graminéens sont inférieurs à 43 (moyenne 40,1) ; les parcelles 5 et 6 sont fortement fertilisées en azote et leurs taux graminéens sont supérieurs à 47 (moyenne 48,7), la différence est significative (F=7,9). Parallèlement, les taux de plantes diverses sont, dans le premier cas supérieurs à 50 (moyenne 53,5) tandis que dans le second, ils restent inféireurs à 45 (moyenne 46,2), la différence étant hautement significative (F=12,8).
Il a été souligné que les parcelles belges 1 à 4 sont exploitées de manière traditionnelle, leurs taux graminéens sont inférieurs à 43 (moyenne 40,1) ; les parcelles 5 et 6 sont fortement fertilisées en azote et leurs taux graminéens sont supérieurs à 47 (moyenne 48,7), la différence est significative (F=7,9). Parallèlement, les taux de plantes diverses sont, dans le premier cas supérieurs à 50 (moyenne 53,5) tandis que dans le second, ils restent inférieurs à 45 (moyenne 46,2), la différence étant hautement significative (F=12,8).

232.5 – Spectres biologiques de Raunkiaer

La construction des spectres biologiques a déjà fait l'objet d'une présentation et d'une analyse au cours du chapitre précédent ; nous n'y reviendrons pas ici.

2.4 -Analyse phytosociologique et Analyse écologique

A partir des données floristiques, les phytosociologues construisent des **tableaux phytosociologiques** qui leur permettent de reconnaître les alliances, associations, sous- associations ou faciès dans lesquels ils classent les types de végétation qui ont été évoqués au chapitre 1. Ces techniques sortent du cadre de cet ouvrage, nous renvoyons le lecteur intéressé aux traités spécialisés.

Les mêmes données floristiques complétées par les observations quantifiées du milieu présentées au début de ce chapitre permettent d'aborder **l'Analyse écologique** ; il s'agit d'un corpus de méthodes destinées à dégager les relations entre les caractères du milieu et la présence des espèces. Ces méthodes sortent, elles aussi, du cadre de cet ouvrage, et le lecteur voudra bien se reporter aux travaux spécialisés, en particulier par Daget & Godron en 1982 dans « **Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés** » (Librairie Masson, Paris) où elles sont très largement discutées.

Chapitre 3

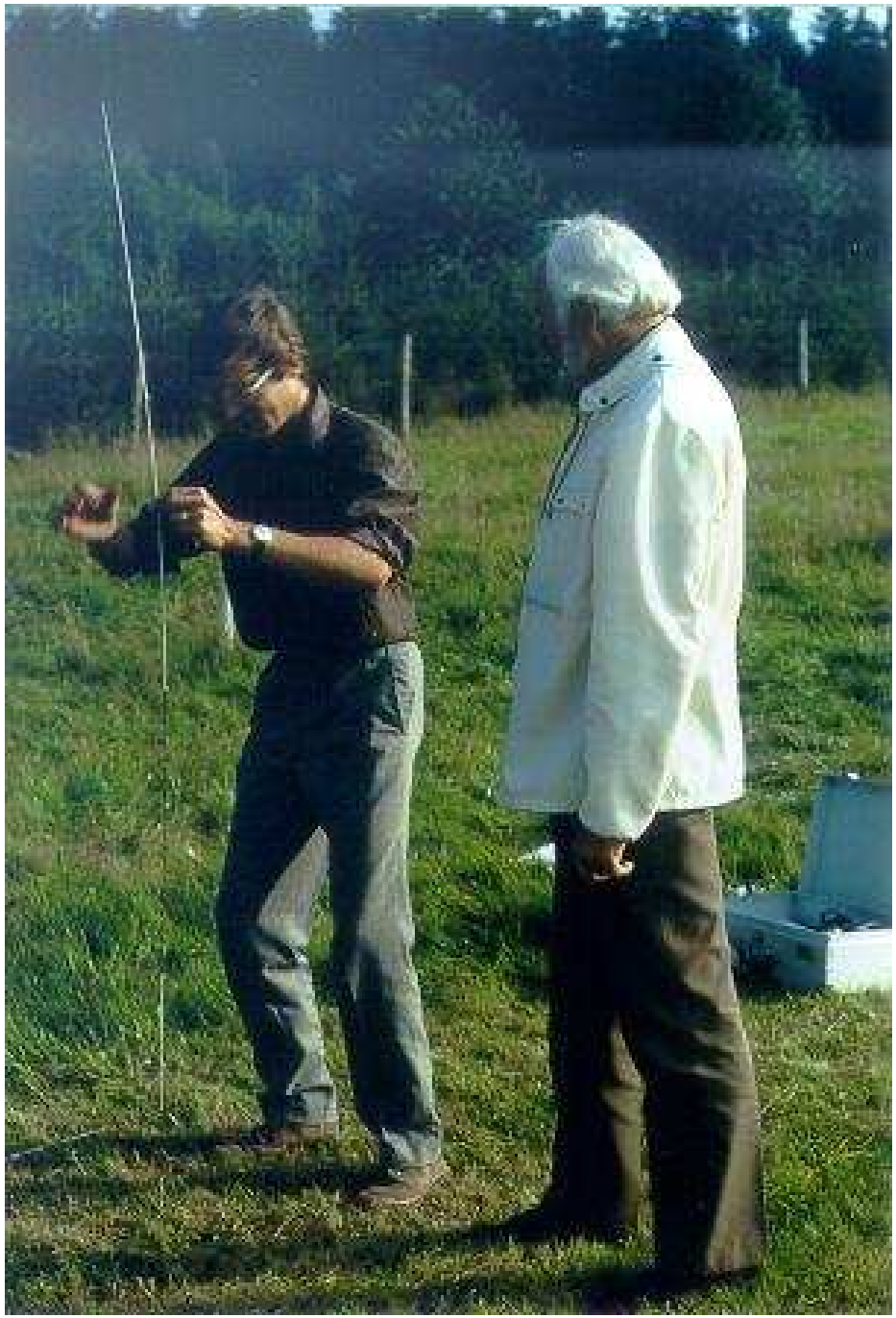
Analyse de la végétation

Méthodes d’étude et matériels

1° partie

Le Pr ELLENBERG examine la mise en place d'un dispositif d'analyse par le Dr POISSONET

Photo Daget



Liste des paragraphes

- **3.1 – De la flore à la végétation …….3.04**
- **3.2 – Dénombrements directs ……..…3.07**
- **3.3 – Mesures proprement dites ……,……...3.15**
- **3.4 – Abondance-dominance ……,……3.16**
- **3.5 - Mesures de la hauteur ……,…..3.22**
- **3.6 – Mesures de volume …….,…..3.26**
- **3.7 – Relations d'alométrie ……,…3.28**
- **3.8 – Fréquences spécifiques ……,,.3.38**
- **3.9 – Matériels d'étude des fréquences ……,,…3.42**

3.1 - De la flore à la végétation

Quelqu'utile que puisse être la connaissance de la flore, elle reste insuffisante car elle n'est qu'une énumération dans laquelle les espèces rares tiennent la même place que celles qui sont fréquentes, les espèces ténues le même rôle que celles qui sont volumineuses. Il faut donc tenir compte de la place occupée par les diverses espèces qui constituent la végétation en attribuant à chacune d'elle une note qui traduira sa fonction. Cette distinction essentielle entre ces deux concepts **Flore** et **Végétation** remonte à Thrumann en 1849 ; elle est encore trop souvent négligée par ceux qui s'improvisent écologues sans formation préalable.

Pour cela, plusieurs méthodes peuvent être envisagées; elles ont presque toutes été imaginées au siècle dernier mais ont subi depuis de multiples corrections, aménagements et raffinements qui ont fait oublier qui en était à l'origine. On peut, comme le danois Nielsen en 1870, couper une ou plusieurs surfaces, séparer les plantes de la récolte, les classer par espèces, puis sécher et peser séparément chaque lot ; c'est rigoureux mais extrêmement long et fastidieux. Peut-être pas autant que la méthode de Sinclair qui consiste à compter tous les pieds de toutes les espèces. En 1862 Lecoq, un phytogéographe de Clermont-Ferrand, allait plus vite en attribuant,, à chaque espèce une note appréciée à vue et variant de 1 à 10 et caractérisant la fréquence de l'espèce.

Une séance vespérale de tri par espèce dans le Jura français (Photo Daget)

La phytosociologie classique de Braun-Blanquet a aussi choisi de caractériser l'espèce par une note appréciée à l'œil : **l'abondance-dominance** ; cela reste une appréciation subjective. Aussi Boitel (1880) prenant la surface totale de l'aire inventoriée égale à 10, représente la proportion de chaque espèce en dixièmes selon la surface qu'elle couvre. Ces caractérisations sont des appréciations, et même si leur fiabilité et leur reproductibilité ne pouvaient être mises en doute, leur emploi statistique resterait délicat. Les suggestions géographiques de Briquet ont été appliquées à très grande échelle aux études de pâturage par le suisse Jaccard et le danois Raunkiaer. Cela consiste à caractériser chaque espèce par une fréquence en dressant la liste des espèces présentes dans un grand nombre de petites surfaces ou de prises.

Il existe d'autres moyens de caractériser la place que tient une espèce dans l'espace. Par exemple ce peuvent être des mensurations précises telles que sa hauteur, son volume, sa masse, sa "surface terrière", telles que la masse de sa matière vivante, ou de sa matière organique déshydratée ; ce peuvent être des combinaisons de ces grandeurs comme le biovolume. Pour chacun de ces paramètres, des méthodes de terrain ont été mises au point pour faciliter l'acquisition des données biologiques et l'organisation du travail. Les principales d'entre elles seront présentées et analysées dans les pages suivantes.

3.2 - Dénombrements directs

32.1 - Dénombrements complets

La méthode la plus immédiate pour pondérer la liste floristique est de **dénombrer les pieds** de chaque espèce présents dans une surface définie. Cette méthode a été initiée au XIX en Grande-Bretagne par Sinclair, reprise par Gaussen en 1922 pour l'étude des alpages des Pyrénées puis utilisée depuis 1960 au Sahel par l'EMVT et dans les badiah de Mauritanie par Monod. Bien entendu, il ne s'agit pas d'évaluer le nombre d'individus au sens génétique ou même anatomique, mais le nombre de tiges, talles, rosettes, etc. sortant du sol où ils sont enracinés, même si ces "surgeons" sont reliés par des rhizomes, des stolons ou des souches ramifiées dans le sol ou à la surface du sol.

Cette méthode est d'un emploi aisé dans les zones très arides. Ainsi, le relevé 8 du 28.12.73, fait sur 100 m2 par Th.Monod en Mauritanie se réduit-il au tableau suivant (Tableau III.1). Même dans ces régions, la limite de praticabilité est vite atteinte. C'est ce que montre le relevé 22 du même auteur et dans la même région présenté sur la Tableau III.2. Les effectifs dénombrés sont devenus trop élevés pour être d'une manipulation aisée et pour qu'il soit facile de distinguer les individus déjà comptés de ceux qui restent à dénombrer. Ils sont pratiquement irréalisables dans des formations herbacées denses (encore que certains l'aient fait autrefois!).

Tableau III.1 – Le relevé 8 de Monod en Mauritanie

Panicum turgidum	28
Nuccularia perrini	7
Acacia raddiana	1

Les dénombrements exacts peuvent apporter des résultats intéressants dans les études d'ecesis (évolution après mise à nu du sol) et de dynamique de la végétation (voir infra, chapitre VII). Ils sont cependants à utiliser avec prudence puisqu'ils donnent le même poids à tous les types biologiques (voir supra, paragraphe 1.2.1.2), à *Salvia aegyptiaca*, plante herbacée en rosette et à *Maerua crassifolia*, un arbre

Tableau III.2 – Un autre relevé par dénombrement en Mauritanie

Aristida funiculata	460	*Cassia italica*	6
Fagonia glutinosa	248	*Morettia canescens*	6
Fagonia jolyi	220	*Boerhavia repens*	6
Aristide meccana	104	*Euphorbia granulata*	3
Heliotropium bacciferum	48	*Salvia aegyptiaca*	1
Panicum turgidum	40	*Maerua crassifolia*	1
Cymbopogon schoenanthus	20	*Linaria sagittata*	1
Citrullus vulgaris	9		

32.2 - Dénombrements partiels

Ces types de dénombrement portent habituellement sur une partie seulement de la phytocénose, en général les ligneux. Le processus d'observation permet de suivre le devenir du peuplement ligneux de parcelles de référence. Il faut mesurer au centimètre près le diamètre moyen de chaque tige ligneuse au dessus de l'empattement basal, même si elles ne sont pas encore aoûtées (c'est-à-dire pas encore lignifiées). Il est commode d'utiliser un ruban dont les graduations entières sont espacées de 3,14 cm ; il est placé de manière à encercler étroitement la tige et permet le lecture directe du diamètre moyen en centimètres. Un tel ruban peut être de fabrication artisanale si on trouve un support à la fois souple et inextensible; il en existe de tout prêts à l'usage dans le commerce.

Ce type de ruban donne directement le diamètre du cercle qui aurait le même périmètre que le tronc de l'arbre mesuré. La mesure donnée est faussée si la forme de la tige s'écarte très sensiblement de ce modèle ; dans ce cas, elle ne constitue qu'un repère dimentionnel.

Le tableau III.3 montre les résultats obtenus dans une placette d'Ethiopie s'agit de compter les individus d'une.

Tableau III.3 - Dénombrements de ligneux dans une station d'Ethiopie (extrait de Cora & Daget, 1996)

Diamètres	**2**	**3**	**4**	**6**	**8**	**12**	**13**	**14**	**25**	**30**	**Σ**
Acacia paoli				**1**	**1**			**1**		**2**	**5**
Acacia mellifera					**3**	**1**					**4**
Acacia horrida		**1**					**1**		**1**		**3**
Commiphora sp.			**1**	**1**							**2**
Cadaba glandulosa	**1**										**1**
Cordia sinensis						**1**					**1**
Salvadora persica			**2**								**2**
Total	**1**	**1**	**3**	**2**	**4**	**2**	**1**	**1**	**1**	**2**	**18**

Des paramètres statistiques classiques peuvent être calculés sur ces mesures :

Diamètre maximal	30,0
Diamètre minimal	2,0
Amplitude	28,0
Diamètre moyen	10,9
Variance	77,1
Ecart-type	8,8
Diamètre médian	8,0
Surface terrière	2722,9

et la distribution des tiges comparée à une distribution géométrique.

Les résultats d'autres observations faites dans la même placette à une date ultérieure peuvent être comparées. Ainsi, l'examen du tableau III.4 conduit à dire, en comparant les deux premières lignes, que la tige d'*Acacia paoli* qui avait un diamètre de 3 cm en 1987 a gagné 2 cm en 1991 ; la tige de 13 cm a gagné 1 cm dans le même temps, tandis que le gros arbre de 25 cm a disparu. De même, la tige de *Cadaba glandulosa* de 2 cm observée en 1987 a disparu en 1991, mais 5 jeunes individus sont apparus dans ce laps de temps ; ainsi de suite.

Il apparaît ainsi que tout ce qui s'est. passé dans l'intervalle entre deux observations se traduit sur ce type de tableau et que le devenir de la partie ligneuse du peuplement peut ainsi être suivi avec une grande précision..

Tableau III.4 - Comparaison des dénombrements effectués dans la même station d'Ethiopie à deux dates différentes (d'après Cora & Daget, 1996)

Espèces	Années	diamètres en cm															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	25	30	31
Acacia horrida	1987			1								1			1		
	1991					1								1			
Acacia mellifera	1987								3		1						
	1991								2	1							
Acacia paoli	1987						1		1				1				
	1991							1		1				1		2	
Cadaba glandulosa	1987		1														1
	1991	5															
Cordia sinensis	1987										1						
	1991											1					
Commiphora sp.	1987				1		1										
	1991					1	1										
Salvadora persica	1987				2												
	1991					2											

3.3- **Abondance-dominance**

Il faut caractériser l'importance de chacune des espèces dans le tapis végétal. L'approche classique est de qualifier les espèces en distinguant :

- les espèces dominantes
- les espèces essentielles
- les espèces accidentelles

Mais le caractère excessivement sommaire de cette classification apparaît tout de suite ; elle n'a donc pas tardée à être remplacée par une classification directement transposée de celle des flores:

- Plante extrêmement commune
- Plante très commune
- Plante commune
- Plante assez commune
- Plante rare
- Plante très rare

dont le caratère subjectif évident est accentué par l'absence de méthode d'estimation. Plus rationnelle est **l'abondance-dominance** de la phytosociologie. Elle consiste à déterminer "à l'oeil" la part de chacune d'elles dans la couverture du sol en utilisant une échelle classique dans cette spécialité :

Individus	**Notation**
présents mais rares et disséminés	+
recouvrant moins de 1/20 de la surface	1
recouvrant de 1/20 à 1/4 de la surface	2
recouvrant de 1/4 à 1/2 de la surface	3
recouvrant de 1/2 à 3/4 de la surface	4
recouvrant plus de 3/4 de la surface	5

Certains pastoralistes se repèrent au «**volume apparent**» de la végétation plus qu'à la couverture du sol, mais en conservant les mêmes seuils. Cette méthode a l'avantage d'être très rapide d'exécution, mais elle est délicate et n'apporte de données fiables et reproductibles que lorsqu'elle est pratiquée par des experts.

Une des difficultés majeures rencontrées est la distinction des espèces de morphologie semblables "à l'oeil" comme, par exemple en zone tempérée *Poa trivialis* et *Lolium perenne*, ou en zone tropicale les divers Andropogons. Au plan de l'exploitation, sorti des interprétations purement phytosociologiques, l'échelle utilisée s'avère rapidement insuffisante ; il est souvent nécessaire de disposer de recouvrements exprimés en pourcentages, notamment pour le calcul des contributions spécifiques. Des échelles de "traduction" ont été proposées (tableau III.5).

Une échelle géométrique étant donnée par l'application de la formule :

$$R = \quad INT\left(\frac{90}{3^{(5-a)}}\right)$$

dans laquelle R est le recouvrement, a le coefficient d'abondance-dominance et INT(x) est une fonction qui fait correspondre l'entier immédiatement inférieur à tout x décimal. On voit le caractère grossier des valeurs de recouvrement obtenues. Pour remédier à cette insuffisance, il a été suggéré de noter directement le **recouvrement estimé** en pourcentage de l'espèce.

Tableau III.5 - Divers modes de passage de l'abondance- dominance aux recouvrements

Abondance-	Recouvrements				
Doninance	1	2	3	4	5
+	0	0	0	0	0
1	2	2	1	1	1
2	10	15	5	5	5
3	26	17	20	35	13
4	50	62	50	50	34
5	82	87	85	90	90

1- Echelle de Lyubarskii (1974) ; 2- Echelle de Braun-Blanquet (1928, 1964) et Pavillard (1935) ; 3- Echelle de Boudet (1975) ; 4- Echelle de Schnell (1952) ; 5- Echelle géométrique

C'est ainsi que Lecoq, dès 1862, "*énonçait aussi brièvement que possible la proportion des espèces par des chiffres de 1 à 10 qui indiquent les rapports de quantité entre les espèces*". Au moment de l'interprétation, il remplaçait les numéros par les dénominations suivantes :

- Espèces dominantes 10
- Espèces essentielles 9 - 8 - 7 - 6
- Espèces accessoires 5 - 4 - 3
- Espèces accidentelles 2 – 1

Le Code écologique, dont il a été parlé au chapitre précédent, notait un recouvrement apprécié ; sa mise en oeuvre a été discutée par ailleurs (*in* Daget, Ph., 1978 - Thèse), mais la fiabilité de ce type d'observation a souvent été testée et toujours trouvée limitée en raison d'un "effet auteur" parfois important.

Enfin, certains auteurs utilisent une norme atypique d'abondance-dominance à 9 niveaux initiée par le Pr Van der Maarel ; il existe deux versions principales, mais elles sont difficilement compatibles entre elles et avec les échelles précédentes plus classiques.

Tableau III.6 – Echelles des abondances-dominances à 9 niveaux

Note	R%		R%	Aspect
1		Un seul individu	1	Espèce présente mais rare
2		Occasionnel	7	Moins d'un individu par m²
3		Abondant mais peu couvrant	15	Au moins un individu par m²
4	<5		30	30% de recouvrement
5	5-12		50	50% de recouvrement
6	12-25		70	70% de recouvrement
7	25-50		85	Recouvrement fort
8	50-75		93	Très peu de sol apparent
9	>75		100	Recouvrement total

3.4- **Mesures de la hauteur**

34.1 - **Mesure directe**

Sauf en pelouse très rase, xérophile, surpâturée ou fauchée, le toit de la végétation des pâturages est assez irrégulier ; il n'est donc pas possible d'en mesurer simplement la hauteur en y introduisant verticalement un mètre rigide pour voir à quel niveau il affleure. Par contre, la comparaison à une telle toise a été utilisée pour mesurer la hauteur des tiges des touffes qui constituent le tapis végétal. C'est une opération difficile dans les prairies permanentes de la zone tempérée où la végétation est très dense, mais les mesures sont bien plus aisées en régions arides où les touffes s'individualisent souvent très nettement en raison de l'ouverture de la végétation. Elle est plus aisée dans les formations ligneuses basses où elle a été trouvée en très bonne corrélation avec des mesures directes par des analyses photographiques.

Dans le premier cas, il a parfois été considéré comme commode d'introduire dans la végétation un écran vertical gradué et de mesurer les hauteurs des plantes qui se dégagent mieux sur ce fond que sur l'ensemble du tapis végétal.

35.2 - Mesure synthétique

La mesure directe de la hauteur porte en général sur la plus haute tige d'une touffe qui en comporte plusieurs et néglige les autres, et elle ne tient pas compte du fait que la densité de la végétation est très faible dans la partie la plus haute du tapis végétal.

La méthode du **disk-mètre** a été imaginée pour répondre à ce soucis. Elle consiste à déposer sur le toit de la végétation un disque pesant qui écrase, ou du moins fait fléchir, les tiges les plus fines et les plus hautes jusqu'à ce que son poids soit équilibre par la résistance à l'écrasement du tapis végétal. La hauteur recherchée est celle à laquelle le disque s'est arrêté.

Pratiquement, le matériel utilisé est constitué par un disque en matière plastique acrylique (dans le passé les disques furent faits en bois et en métal, le plus souvent aluminium) de 5 mm d'épaisseur et d'un diamètre de 50 cm ; il a donc une surface de 0,196 m^2 peu différente de 0,2 m^2. Un carré du même matériau et de 5 cm de côté, un tube de PVC (chlorure de polyvinyle) de 3 à 4 cm de diamètre, de 1 à 2 mm d'épaisseur et de 15 à 20 cm de hauteur (les cotes changent selon les réalisations décrites dans la littérature), une tige de bois de 2.5 cm de diamètre et de 1.5 m de haut et un double mètre roulant (figure III.1). Tout ce matériel peut être trouvé dans les quincailleries. Le carré est collé au centre du disque, puis un trou du diamètre exact du tube est foré au centre de l'ensemble ; le tube est ensuite collé dans le trou.

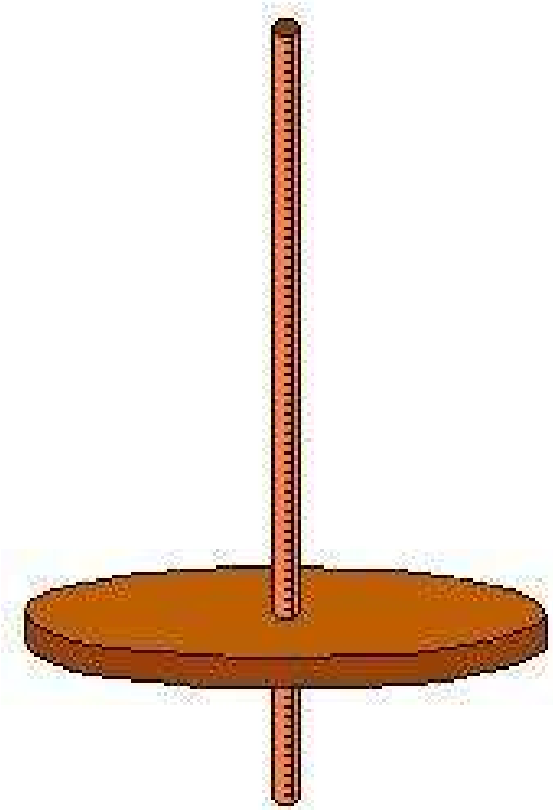


Figure III.1 – un disk-mètre

Pour le montage, le disque est placé sur le sol et on introduit la tige de bois dans le tube ; le mètre pliant est retiré de son système et l'ergot qui le termine ôté ; il ne reste plus qu'à le fixer le long d'une directrice de la tige de bois en faisant affleurer le zéro au bord supérieur du tube coulissant. Le tube oblige le disque à prendre une position d'équilibre horizontale. L'appareil est prêt à l'emploi ; il pèse de 1 à 1,5 kg et ce poids léger facilite son transport.

Les mesures se font en plaçant la tige de bois verticalement dans la végétation et en laissant coulisser le disque jusqu'à ce qu'il s'arrête. La hauteur de sa position d'équilibre est lue directement sur la graduation

Il est clair que la tige centrale doit être bien verticale et, qu'au niveau zéro et en l'absence de végétation, le disque doit être bien en contact avec le sol. Il en résulte que le disk-mètre ne peut être employé sur des terrains en pente où ces deux conditions ne peuvent être réalisées ensemble, ni sur ceux dont la surface est très irrégulière, où la seconde condition ne peut l'être.

Il s'agit d'un appareil simple, léger et d'une manipulation extrêmement facile, très employé par les techniciens pastoralistes des Etats-Unis, d'Afrique du sud et d'Australie. Toutefois la hauteur en tant que telle ne suffit souvent pas à caractériser le tapis végétal, aussi les mesures fournies avec le disque sont-elles souvent combinées à d'autres appréciations, surtout pondérales.

3.5 - Mesures de volume

Il s'agit cette fois d'estimer la portion de l'espace occupée par le végétation. On parle de **biovolume**, d'**encombrement** (ou de "**canopy volume**" en américain). Dans les différentes approches proposées, il ne s'agit pas du volume réel tel qu'il pourrait être obtenu dans une mesure densitométrique, mais de la portion de l'espace occupée par un volume relativement simple imaginaire et qui envelopperait chaque pied. C'est pourquoi le terme de biovolume est souvent considéré comme impropre et celui d'encombrement préférable.

La mesure de ce volume étant relativement délicate, il est préférable d'imaginer que la plante est remplacée par un volume géométrique simple. un cylindre de base circulaire, de base elliptique, une sphère ou une calotte sphérique, un cône, un ellipsoïde... et mesurer sur la plante les paramètres nécessaires au calcul de ce volume enveloppe (figure III2). Les dimensions **d1, d2, c1, c2** et **h** étant telles qu'elles sont définies sur la figure III.2, les volumes s'obtiennent par les formules suivantes :

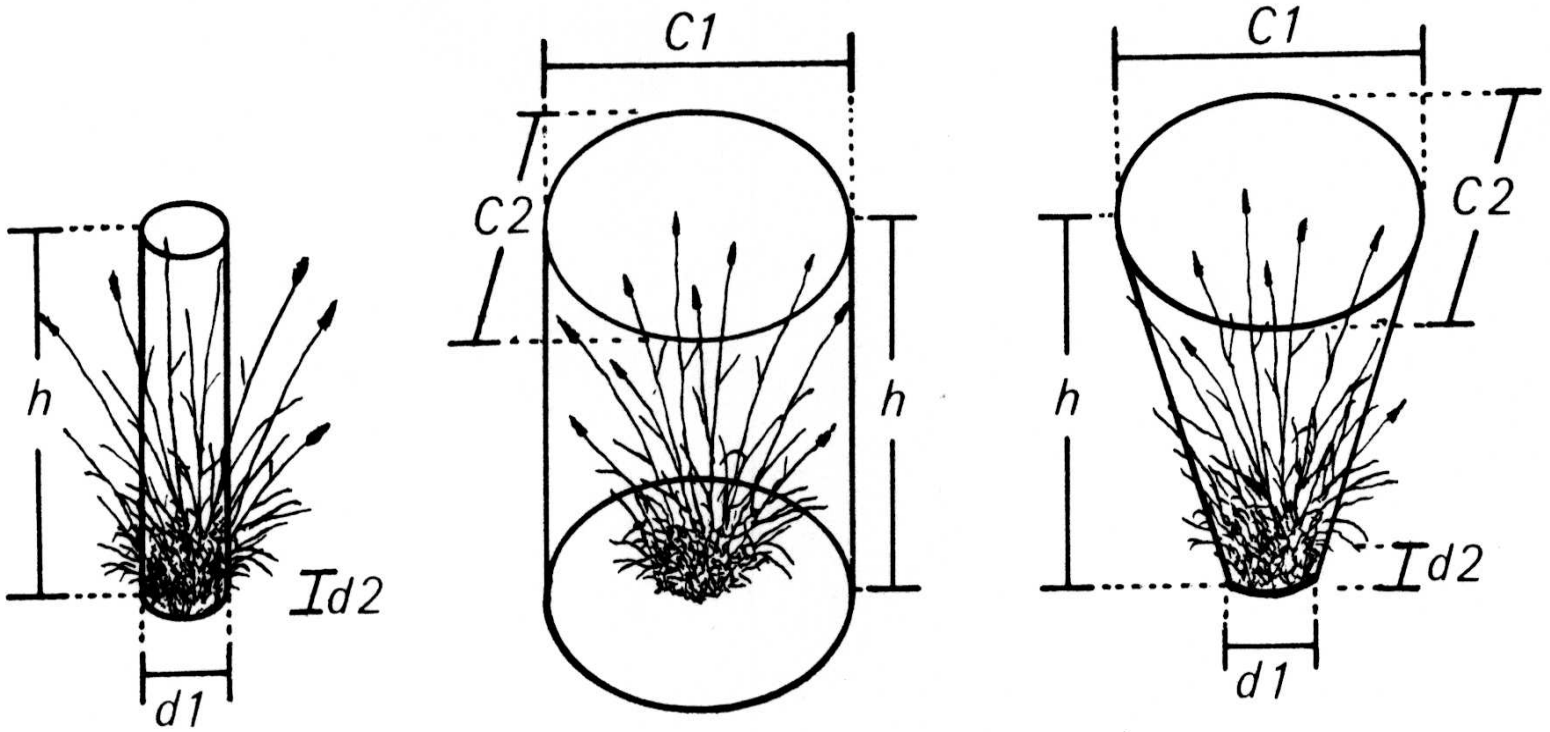


Figure III.2 – Calcul de l'encombrement par référence à un volume simple (redessiné d'après Johnson *et al.* 1988)

3.6 - Relations d'alométrie

36.1 – Dans les herbages

Ces volumes déterminés, il faut couper, sécher, peser un certain nombre des touffes mesurées pour établir une équation alométrique qui permettra de passer aux masses. Ces équations sont de la forme :

$$M = a + b\ V^c$$

où **M** est la phytomasse (mesurée en grammes), **V** le biovolume évalué par l'une des formules précédentes, **a, b** et **c** des coefficients obtenus par un calcul de régression. Les relations obtenues sont hautement significatives, mais il faut noter des différences substantielles entre les équations obtenues pour une espèce particulière d'une année à l'autre.

Ces enregistrements sont donc très longs à faire et les résultats publiés sont si peu nombreux que cela conduit à penser qu'ils sont exceptionnels. En tous cas, ils ne peuvent servir que dans des études qui portent sur une espèce particulière, par exemple pour suivre l'envahissement d'une pelouse par des buissons en coussinets.

D'autres mesures de volume seront décrites dans un paragraphe ultérieur.

36.2 – Arbres fourragers

362.1 - Notion d'arbre fourrager

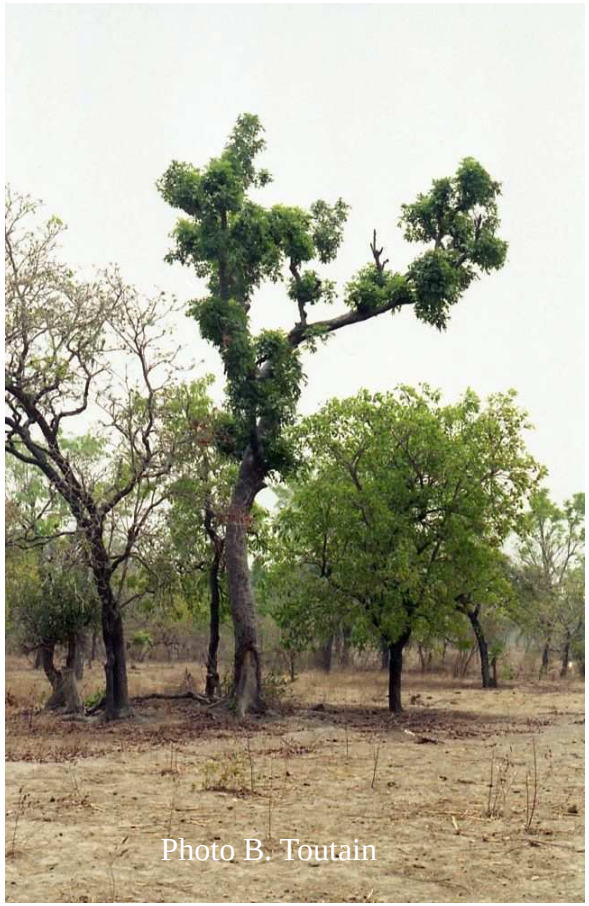
La plupart des arbres peuvent être, au moins occasionnellement, consommés par le bétail, parfois assez intensivement pour que des formes particulières leur soient imposées; ainsi, les arbres des pâturages à bovins, dont la partie inférieure du houppier est «taillée » à 2 m de haut par les vaches ou les arbustes (ou les jeunes arbres) de montagne auxquels le pâturage donne une forme «en toupie» très particulière. En région méditerranéenne 53 espèces ligneuses sont broutées, dont 27 intensément et 3 occasionnellement par les chameaux et les chèvres.

L‘ arbre fourrager à proprement parler est une essence dont le feuillage ou les fruits constituent une ressource importante dans l'alimentation des troupeaux de ce fait, il est souvent planté ou protégé pour l'amélioration des pâturages.

362.2 - L'arbre fourrager en région aride

L'essentiel des surface pastorales des zones arides est constitué par des terrains de parcours dans lesquels l'importance des ligneux fourragers est essentielle. Ils permettent d'alimenter le troupeau quand les espèces herbacées, et surtout les annuelles, arrivées à

A



B

Figure III.3 - Deux cas d'émondage
A – Au Sahel B – En Europe

maturité ou sèches (stade où elles sont pauvres en azote et peu digestes) ne sont plus consommées ou ne sont présentes qu'en trop faible quantité. Les arbres et arbustes fourragers fournissent des protéines, avec une teneur souvent plus élevée que celle des Graminées, des vitamines, et des éléments minéraux qui, durant la période sèche et éventuellement aussi pendant la saison froide, font défaut chez les espèces herbacées. Leur production est en outre moins strictement dépendante des précipitations qui commandent la présence, ou l'absence, des herbacées. Dans certaines situations ils peuvent permettre de constituer des **réserves fourragères** sur pied dont la disponibilité, durant les périodes critiques de soudure ou de sécheresse prolongée, pourra assurer la sauvegarde des troupeaux, notamment par l'émondage.

Le fourrage ligneux peut représenter plus de 40 % de la ration moyenne des caprins et plus encore pour les dromadaires et les chameaux (voir la figure III.15). Dans beaucoup de régions, notamment africaines, les formations arbustives pastorales qui subsistent occupent des espaces qui, du fait de leur difficulté d'accès, de leurs caractéristiques écologiques (salinité, inondation temporaire, enrochement) sont inexploitables par une agriculture plus intensive. Les troupeaux passent souvent la majeure partie de l'année dans des plaines couvertes d'un peuplement clairsemé de ligneux possédant également un important stock de chaumes. Dans le sous-sol l'eau se trouve à des profondeurs raisonnables, ce qui permet aux ligneux de fournir en saison sèche, un appoint alimentaire indispensable aux animaux, notamment en vitamine A, introuvable dans le fourrage herbacé durant 9 mois de l'année, ce qui entraîne des avortements en saison sèche si la diversité du peuplement ligneux ne peut combler ce déficit.

Les pastoralistes camerounais ont mis au point un indice d'«appétabilité » traduisant le degré d'intérêt de l'espèce pour le bétail, indice qui est lié au type de consommateur avec 1 pour les prélèvements occasionnels et 5 pour les espèces recherchées (Tableau 3.7)

Tableau 3.7 – Extrait du tableau d'appétibilité des ligneux

Espèce ligneuse	Ovin	Caprin	Bovin
Acacia ataxacantha	1	1	1
Adansonia digitata	3	5	3
Anogeissus leiocarpus	2	3	2
Butyrospermum paradoxum	4	4	2
Combretum aculeatum	4	5	2
Diospyros mespiliformis	1	1	1
Feretia apodanthera	3	4	3
Pterocarpus erinaceus	4	4	4
Strychnos spinosa	2	2	1

Chèvres dans un parcours de Haute Provence –

Photo M. Dimanche

Les nomades n'ayant accès qu'à des régions peu boisées ou très dégradées, ont mis au point au cours des temps des pratiques traditionnelles d'**émondage** des arbres fourragers. Elles obéissent à des règles strictes résultant d' observation attentive de leur environnement et de ses lois. Mais cette attention portée à l'environnement n'est efficace que si les éleveurs se sentent en sécurité pour l'utilisation de leur espace.

362.3 - L'arbre dans le pâturage

Le feuillage de l'arbre fait écran aux rayons brûlants du soleil, l'évapotranspiration est réduite et le tapis végétal poursuit son activité quelques semaines après l'arrêt des pluies alors qu'il est vite grillé en plein soleil. Il en résulte qu'à l'ombre des arbres, l'herbe est plus prospère et plus belle qu'en plein soleil. Le rendement de l'activité photosynthétique est y plus élevé. L'apport régulier de litière provenant de la chute des feuilles enrichit régulièrement le sol en éléments fertilisants et en oligo-éléments, sa structure en est améliorée ; le sol plus perméable retient mieux l'eau. La diminution de la température en surface ralentit la minéralisation de la matière organique et la mobilisation de l'azote est nettement plus élevée. De plus, le système racinaire des ligneux étant particulièrement développé explore méticuleusement une grande sphère de sol et ramène dans le feuillage, en les concentrant de nombreux oligo-éléments (Co, Cu...) dont la carence cause de graves troubles physiologiques.

Figure III.4 – Dans un pâturage boisé, les animaux consomment les branches basses, ce qui donne une structure particulière aux ligneux

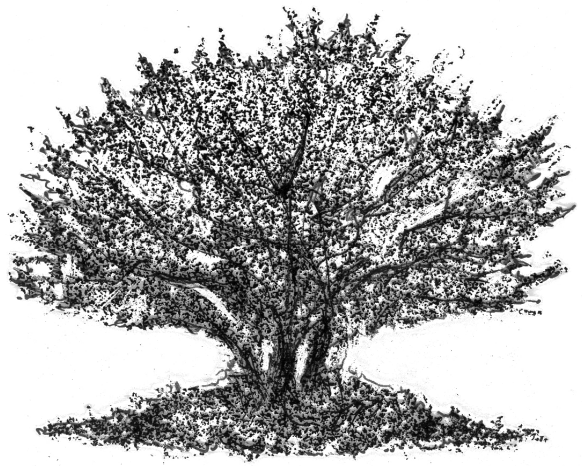


Figure III.5 – Arbre abrouti : dans certains pâturages les bovins mangent les rameaux des jeunes pousses ; lorsqu'ils ne peuvent plus saisir les rameaux centraux, l'arbre pousse ; cela lui donne cette structure en toupie

Même dans une région où la chaleur n'est pas complètement écrasante au milieu du jour, hommes et animaux passent une grande partie de la journée sous les arbres. Et c'est une conception erronée de la normalisation qui a conduit à abattre tant d'arbres dans les prairies tempérées.

En pays aride, l'arbre est un abri pour l'heure de la halte méridienne. Son enceinte est aménagée, le sol est balayé pour s'y étendre à l'aise, les branches basses sont dégagées pour y suspendre les outres et les objets auxquels on tient à l'abri des termites. L'arbre est la tente naturelle des nomades, toujours prête à les accueillir.

372.4 - Potentiel fourrager des arbres

Une partie de la biomasse produite par les arbres peut être consommée par le bétail : le feuillage, parfois les petites branches. Or, la quantité de feuilles est particulièrement sensible à la nature et l'intensité de la lumière reçue par le houppier, à la densité du peuplement, à sa structure, à l'âge des arbres, que son estimation est très incertaine.

Deux types de mesures sont possibles : les méthodes directes et les méthodes indirectes.

3 624.1 - Méthodes directes

Elles consistent à recueillir l'ensemble du feuillage d'un ou de plusieurs arbres, soit en utilisant un défoliant, soit par abatage de l'arbre.

3 624.2 - Méthodes indirectes

Approche visuelle

Elle consiste à apprécier le volume du feuillage "à vue" par comparaison avec des mesures directes préalables, ce qui évite de les multiplier. L'observateur estime le volume du houppier (biovolume) et en déduit la quantité de feuilles qu'il contient ; il peut aussi utiliser le recouvrement mesuré de ce houppier. Comme avec toutes les méthodes visuelles, les valeurs obtenues dépendent beaucoup de l'expérience de l'observateur et possèdent une précision intrinsèque non mesurable...

Approche allométrique

Cette méthode consiste à mesurer sur l'arbre des grandeurs faciles à atteindre : hauteur, diamètre du tronc à la hauteur **h**. La figure III.xx montre les principaux points abordés sur des arbres assez hauts tandis que la figure III.yy montre comment sont abordés les petits arbres et les arbustes. Les mesures effectuées sont mises en corrélation avec des mesures directes du feuillage sur quelques exemples et avec des pesées faites sur des branchettes témoin et les relations obtenues sont utilisées pour obtenir "une idée" de la quantité de feuilles d'après ces mesures faciles à réaliser.

Approche photométrique

L'utilisation de photos sphériques et de photomètres électroniques (tel que le LAI 2000 qui sera présenté dans le chapitre suivant) a été proposée pour suppléer les reproches faits aux allométriques. Elle supposent, elles aussi, un étalonnage et nécessitent une grande expérience de la part des observateurs.

3.7– Fréquences spécifiques

Selon les situations dans les quelles se trouvent les pastoralistes, les méthodes qu'ils ont proposé peuvent avoir des caractéristiques très différentes concernant :

- la taille des unités d'échantillonnage
- le nombre de ces unités
- leur répartition dans la parcelle

37.1 - Répartition

Dans les études portant tant sur de très grands territoires que sur des parcelles très homogènes, les pastoralistes répartissent leurs unités d'échantillonnage sur l'ensemble du terrain.

1. Cela peut être une **répartition aléatoire** : les limites de la parcelle sont graduées, puis les coordonnées des emplacements des futures prises sont localisées par une randonisation (c'est-à-dire qu'elles font l'objet d'un tirage au hasard rigoureux selon le mot de Mandelbrot (1975)) repérées sur les rives de la parcelle puis les emplacements relevés par des visées à l'aide d'équerres optiques. Bien qu'il s'agisse d'un appareil relativement peu coûteux, le pastoraliste de terrain peut avoir quelques difficultés à se munir de cet engin ; il pourra le

le remplacer par une **boîte de visée** qui peut être réalisée par tout menuisier soigneux. Il suffit de joindre par un trait de scie les milieux des côté d'une boite en bois de section carrée et un peu plus haute que large sur les 3/4 de la hauteur et ébarber les bords des fentes ainsi faites (figure III.6). Il faut ensuite marquer puis perforer le centre du fond de la boîte et la fixer par une vis sur un manche droit et rigide (un manche à balais par exemple). Mais plusieurs sociétés de vente de matériel de mesure pour forestier peuvent vendre par correspondance des équerres optiques.

2. Ou une **répartition subjective** : le pastoraliste entre dans la parcelle et procède à des **jets** dits "au hasard" d'un objet quelconque, les prises sont faites à l'emplacement des points de chute.

3. Cela peut être une **répartition systématique** : le pastoraliste parcours la parcelle selon des lignes parallèles, et à distances régulières il s'arrête pour procéder à une prise. ou il tend à travers la parcelle un cordeau prémarqué et fait ses observations aux emplacements ainsi matérialisés.

4. Enfin ce peut être une **répartition concentrée** : lorsque les parcelles sont un tant soit peu hétérogènes, le pastoraliste les parcourt pour prendre contact avec le terrain, puis procède à une cartographie des faciès qu'il a pu y reconnaître. Chaque faciès doit faire l'objet d'une analyse individualisée en général de type phytosociologique.

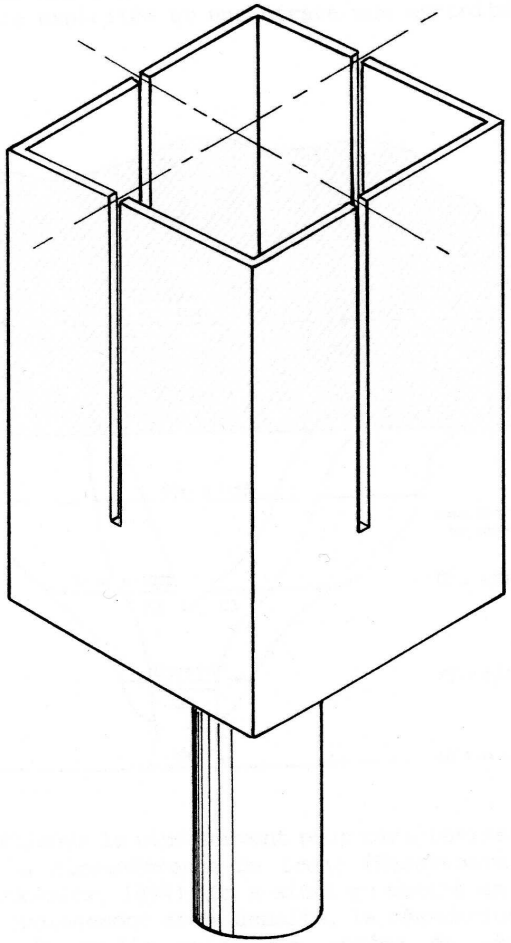


Figure III.6 - Une boîte de visée (extrait de Daget & Ickowicz, 2000)

37.2 - Taille des unités d'échantillonnage

Les unités d'échantillonnage sont de tailles très diverses : des surfaces d'un mètre carré (utilisées par Jaccard par exemple), des surfaces de quelques décimètres carrés (comme dans la méthode de l'anneau), des surfaces de quelques centimètres carrés (dans les pincées de De Vries ou dans les anneaux de la Loop method et de la méthode de Parker), des points de surface nulle (dans les méthodes de point-quadrat). Il faut savoir que la précision et la validité des mesures sont d'autant plus grandes que les unités d'échantillonnages sont plus petites.

37.3 - Nombre d'unités d'échantillonnage

Les unités d'échantillonnage peuvent être en nombre très variable. Certains pastoralistes se contentent d'un seul relevé phytosociologique dans lequel les pondérations sont faites par des notes de présence-absence, d'autres inventorient leur parcelle avec une dizaine de prises seulement, plus souvent on en prend 50 à 100 ; mais il est arrivé à Ellenberg (communication personnelle), avec toute une promotion d'étudiants argentins, de procéder à l'analyse de plusieurs milliers de points-quadrats dans la même station de pampa. D'innombrables études ont été faites pour "guider" le pastoraliste dans la détermination du nombre d'unités d'échantillonnage à retenir ; les unes purement théoriques et les autres interprétant des données de terrain. Toutes se fondent sur l'hypothèse d'un gazon homogène où la loi de répartition uniforme autorise les études de variance. Le gazon des formations herbacées n'est **jamais homogène**. Pour la plupart des méthodes décrites ci-après, le nombre usuel d'unités est donné.

3.8- Matériels d'étude des fréquences

38.1 - Surfaces contiguës

381.1 - Grilles de carrés contigus

Jaccard semble bien être le premier à avoir utilisé des grilles de **carrés contigus** pour l'étude des prairies. Il s'agissait d'un ensemble de carrés de 1 x 1m se touchant par un côté et disposés en une ligne de 4 et 2 lignes de 3 comme sur la figure III.7. Il dresse la liste floristique complète de chaque carré, cela donne d'abord la liste floristique complète des 10 m2 ; en regard de chaque espèce il indique le nombre de carrés où elle a été trouvée. Le matériel nécessaire consiste en 18 piquets, une trentaine de mètres de corde et un double- mètre pliant. Pratiquement, il faut disposer les piquets aux emplacements des nœuds extérieurs de la grille et tendre soigneusement la corde entre ces piquets.

Cette méthode donne une quantification objective de la fréquence des espèces dans le gazon ; elle est assez longue à mettre en œuvre en prairie permanente où l'inventaire complet d'un mètre carré est relativement laborieux ; elle est imprécise car elle donne le même rôle à une espèce qui recouvre les 4/5 d'un carré qu'à celle qui n'y figure que par une pousse. Dans les végétations ouvertes, elle serait rapide mais les carrés seraient souvent trop petits et pas assez nombreux pour donner une image représentative de la végétation.

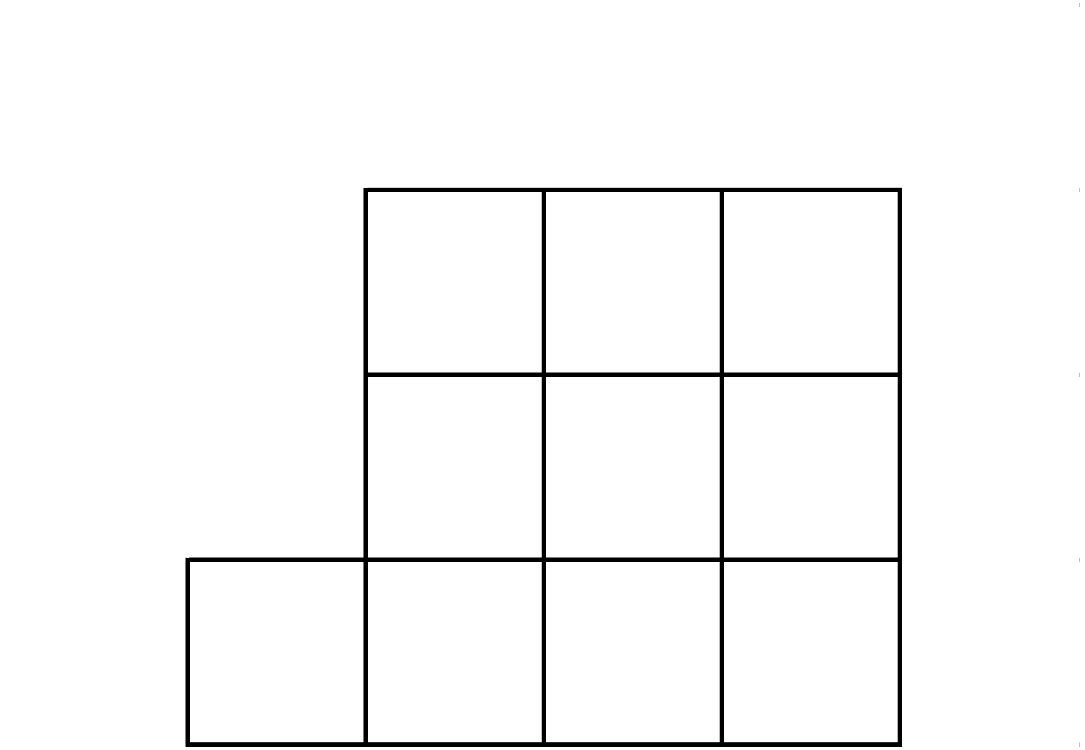


Figure III.7– La grille de carrés contigus de 1 m de côté proposée par Jaccard

Calleja et col., à la suite de Greig-Smith (qui lui même reprenait en l'élargissant une proposition remontant en fait à l'amiral Dumont d'Urville pour quantifier la phytogéographie) utilisent une grille de 1024 carrés contigus de 1 x 1 m disposés en 32 lignes de 16 carrés. Ce dispositif a été utilisé pour l'analyse d'une pelouse du *Brachypodietum ramosi* de la région de Montpellier ; si son intérêt scientifique est indéniable, comme l'ont montré les interprétations de ses auteurs, elle est beaucoup trop lourde pour avoir la moindre possibilité d'application pratique.

381.2 - Grilles déformées

Nous appellerons ainsi une seule série linéaire de carrés contigus. Le matériel nécessaire est constitué par 4 piquets, 2 cordes de 20 mètres, 2 forts élastiques et 2 pots à fleur d'horticulteur en plastique de section carrée et de 20 cm de côté. Les pots sont d'abord découpés de façon à obtenir 2 collerettes de 2 à 3cm. de haut, puis les cordes sont fixées aux piquets, directement à une de leurs extrémités et par l'intermédiaire de l'élastique à l'autre. Au moment de la mise en place, une des corde est tendue et fixée dans la végétation et la seconde est placée parallèlement à le première et à 20 cm Enfin les collerettes sont juxtaposées entre les fils à une des extrémités du dispositif (figure III.8).

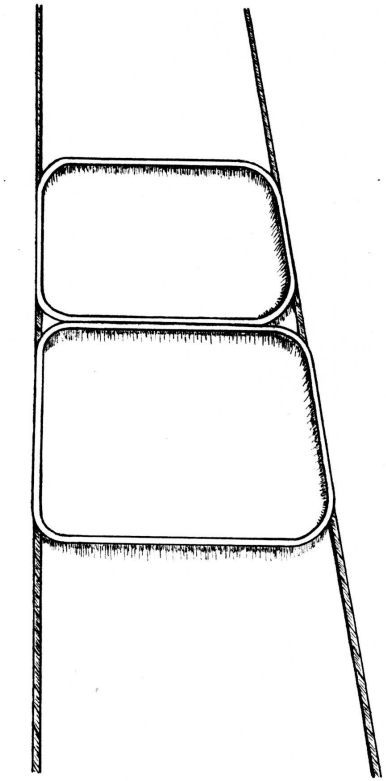


Figure III.8 – Dispositif d’étude ce carrés contigus alignés

381.3 - Segments contigus

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

Pour ce faire, l'observateur dispose dans la végétation un double décamètre tendu entre deux piquets (figure III.9) et note la liste des espèces dont un organe aérien au moins coupe la portion du plan vertical défini par le bord du décamètre situé entre des repères équidistants. En général, on préconise, pour l'analyse des formations herbacées denses un espacement de 25 cm ; il faut donc 25 mètres pour avoir 100 unités d'échantillonnage ; dans les formations herbacées ouvertes comme la steppe, les segments peuvent être bien plus longs.

Figure III.9– Mode de fixation du double décamètre utilisé pour la méthode des segments contigus

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

- Si la structure horizontale de la végétation semble homogène en première approximation la direction de la ligne et son point de départ doivent être soumis à une randonisation.

- Si la végétation varie dans une direction particulière (ligne de plus grande pente, gradient trophique, hydrique...) :

  - Lorsque le but de l'analyse est de caractériser une unité particulière, la ligne sera placée parallèlement à cette direction ;

  - Lorsque le but est d'analyser la transition d'un type de milieu à un autre, elle lui sera placée perpendiculairement ;

  - Lorsque le but est de rechercher une zone particulièrement homogène, la disposition perpendiculaire sera choisie.

  - Lorsque la végétation est un peu haute, en savane par exemple, il est recommandé de tendre le décamètre à une certaine distance au dessus de la surface du sol ; on utilise alors deux aiguilles minces pour matérialiser le segment (figure III.10).

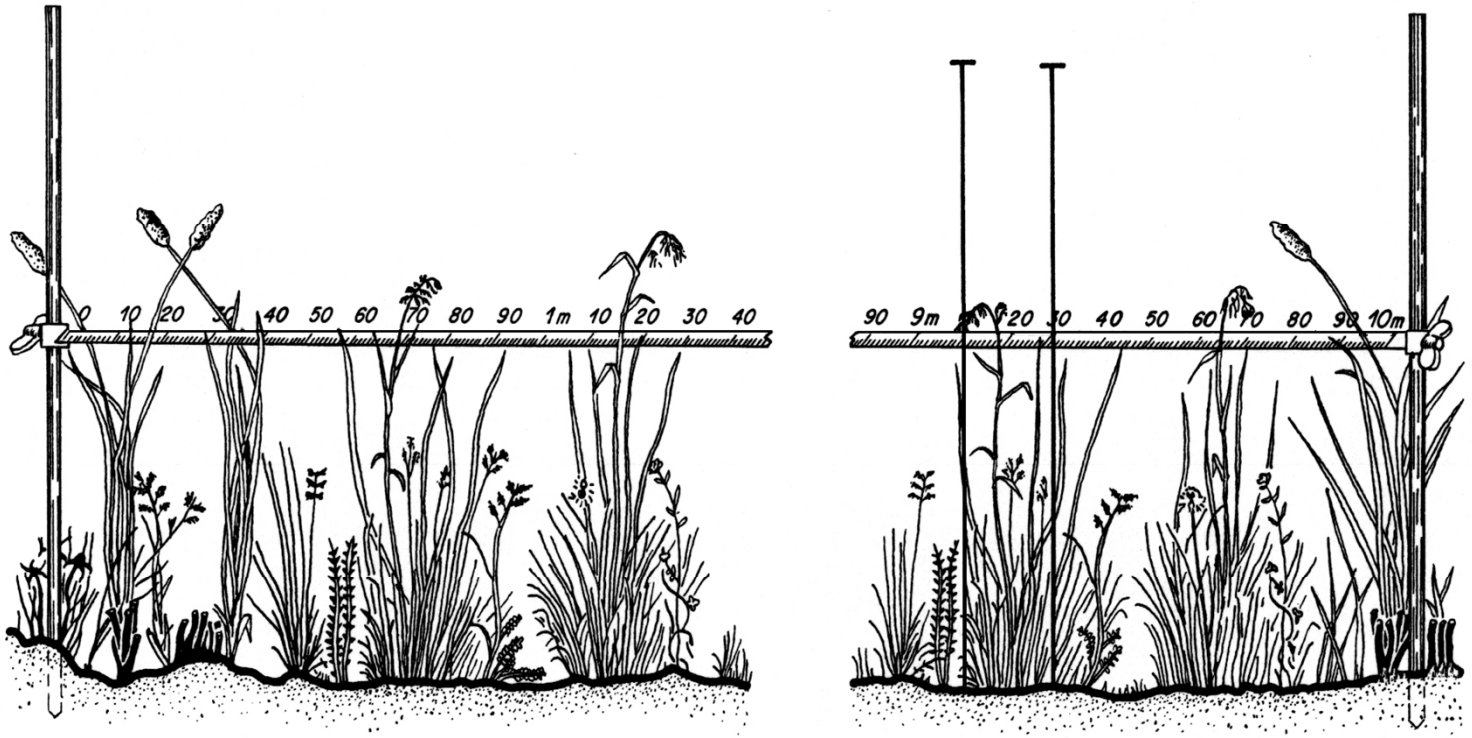


Figure III.10 - Disposition du décamètre en végétation herbacée haute
(d'après Poissonet & César, 1972)

381.4 - Ligne d'interception

La méthode de la ligne d'interception, dite de "**line intercept**" ou **méthode de Canfield**, consiste à mesurer le long de lignes disposées dans la végétation la largeur des touffes interceptées et à rapporter la longueur totale correspondant à chaque espèce à la longueur totale de la ligne (figure III.11). Les observateurs disposent parfois une grande ligne dans la végétation à analyser, mais aussi, pour mieux couvrir les problèmes de structure, certains préfèrent implanter plusieurs dispositifs plus courts. Pratiquement, les principes posés pour la disposition des lignes de segments contigus restent applicables ici. Toutefois, il subsiste la question des terrains plats dans lesquels la randonisation des dispositifs pose des problèmes.

Celle de la direction des lignes est facilitée par l'emploi d'un tourniquet très simple; un piquet de bois d'environ un mètre est planté verticalement au centre de l'unité à analyser, il est surmonté d'un axe autour duquel tourne librement une flèche métallique d'une cinquantaine de centimètres (figure III.12) ; le tourniquet est lancé vigoureusement et sa position d'arrêt marque la direction retenue. Dans cette direction on place un jalon à un nombre de pas tiré d'une table de nombre au hasard, il marque le début de la ligne à partir duquel on place la ligne dans la direction indiquée par la flèche du tourniquet.

L'inconvénient du tourniquet saute aux yeux : seule l'origine des lignes est randonisée, les lignes elles-mêmes sont radiales.

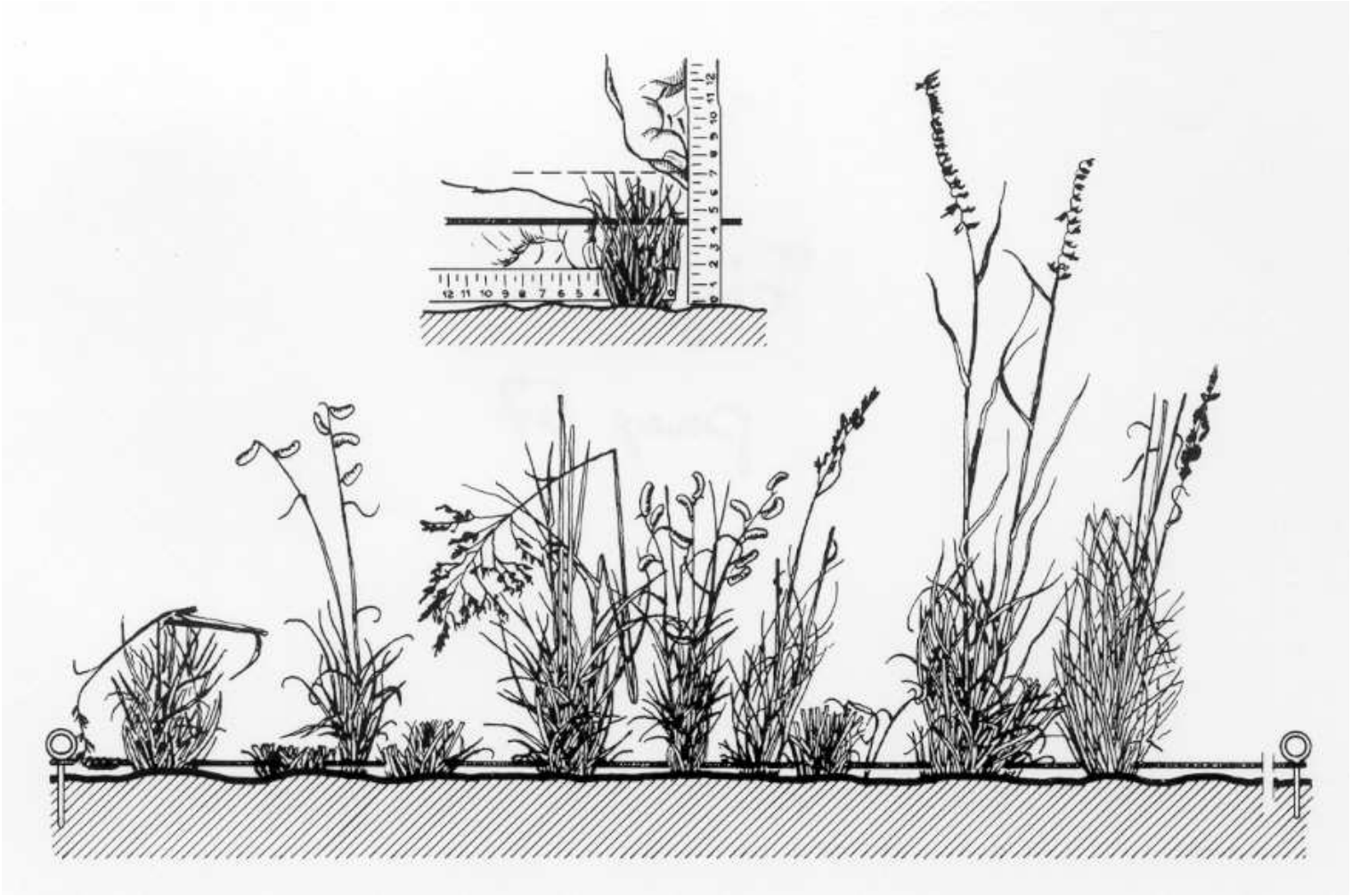


Figure III.11 – Réalisation des mesures dans la méthode de Canfield

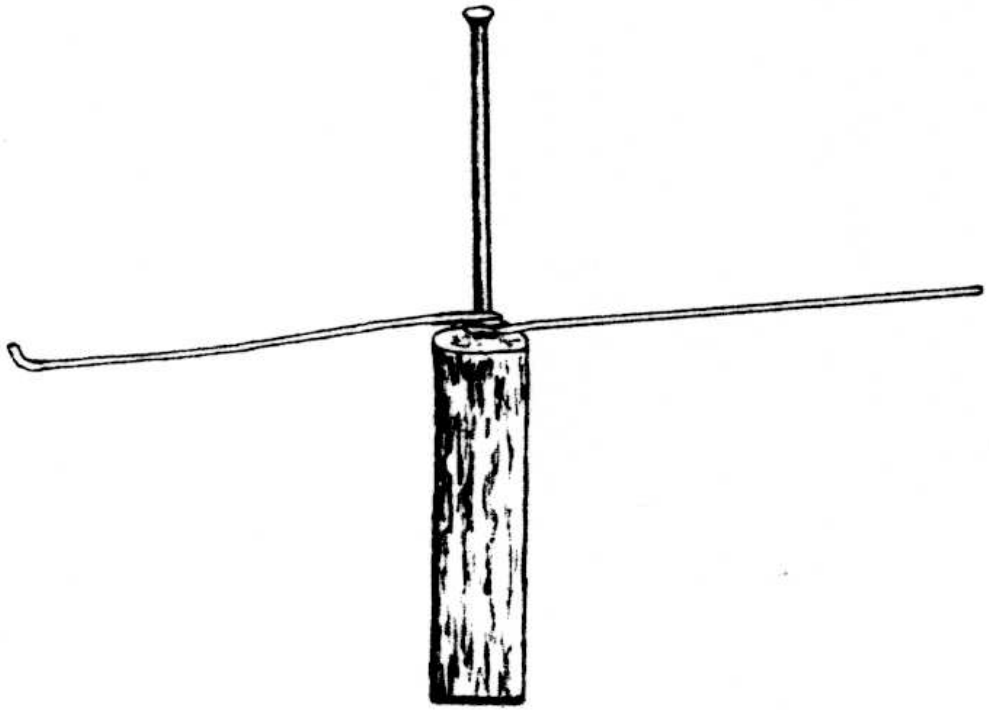


Figure III.12 – Le tourniquet (redessiné d’après Piot, 1958)

Les végétations très ouvertes des régions arides pourront être analysées de manière très précise par une adaptation de la méthode de Canfield. Elle consiste à repérer un point central dans la végétation à étudier ; ses coordonnées GPS sont enregistrées pour permettre des retours au même emplacement pour des suivis. A partir de ce point, et en utilisant une boussole de visée, quatre cordes sont tendues dans la direction des quatre points cardinaux. Les uns donnent à ces cordes une longueur de 100 mètres, ce qui fait un total de 400 mètres ; d'autres prennent 50 mètres, d'où un total de 200 mètres. Sur chaque ligne, on note la longueur recouverte par les pieds des plantes présentes ou par leur couronne (figure III.13). Le tableau 3,8 donne un exemple des enregistrements effectués.

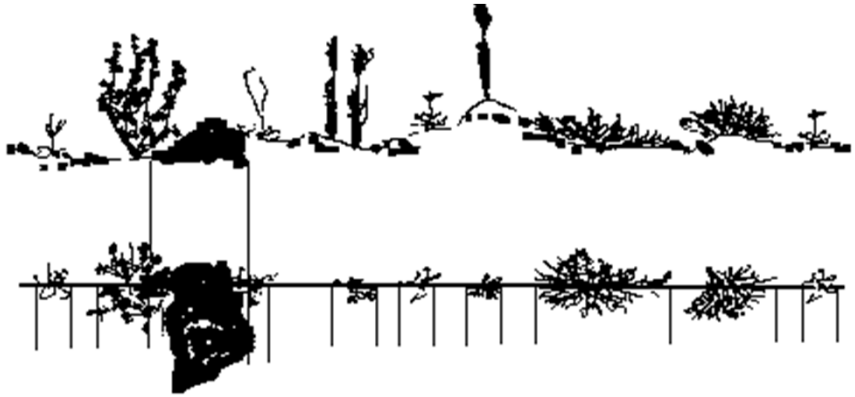


Figure III.13 – Modalité des mesures dans la méthode de Canfield adaptée aux régions arides (extrait de Gintzburger, 2005)

Tableau 3,8– Exemple de résultats obtenus avec la méthode de Canfield adaptée aux régions arides en Mauritanie avec des lignes de 50 m (extrait de Correra, 2005)

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

38.2 - Surfaces séparées

Les unités d'échantillonnage, carrées ou circulaires, sont réparties dans la végétation du pâturage étudié. Elles peuvent être distribuées de manière systématique ou randonisées (figure III.14)

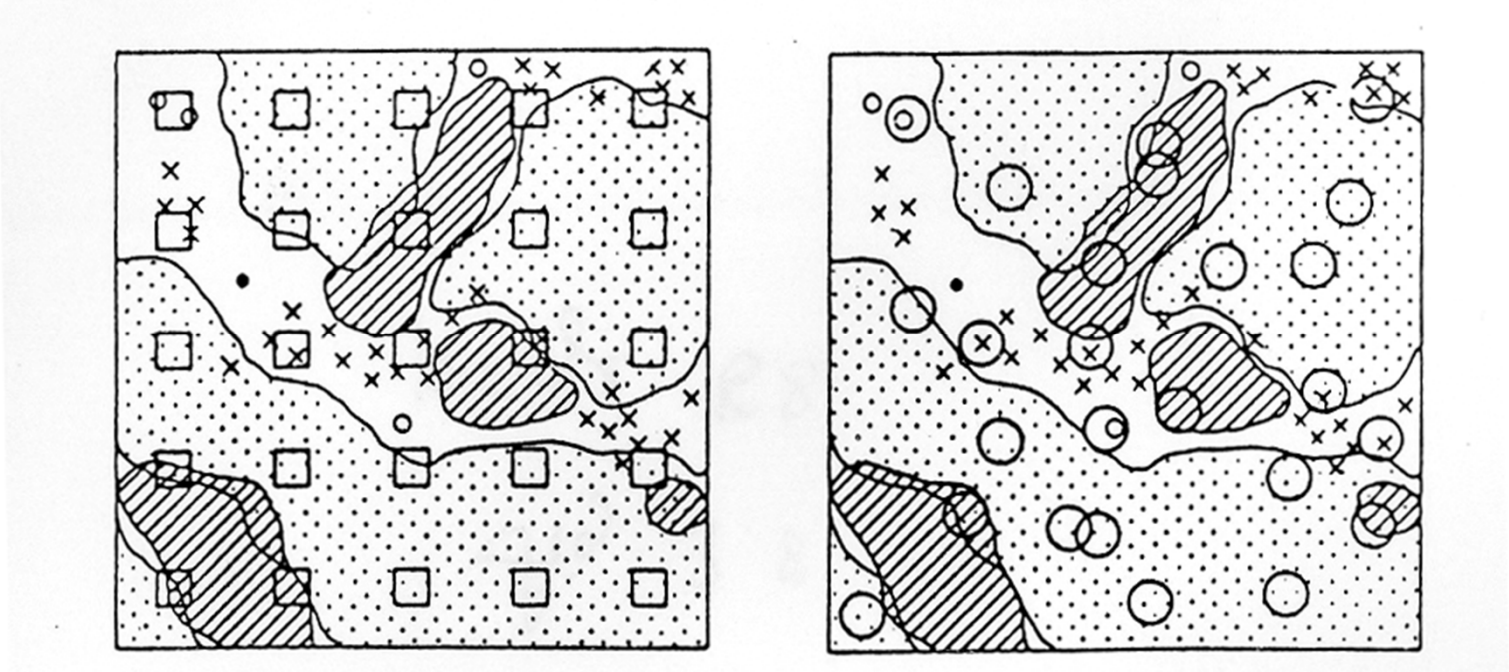


Figure III.14 – Deux exemples de répartition de 25 unités d'échantillonnage dans une végétation, systématique à gauche, randonisée à droite (extrait de Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974)

382.1 - Quadrats

Le mot de **quadrat** est souvent considéré (même dans la littérature américaine) comme un synonyme de square (carré) ou de frame (cadre), c'est peut-être un usage de fait mais il est ignoré des dictionnaires. Le mot est aussi considéré comme un terme anglo-saxon, c'est aussi une erreur, il figure avec cette orthographe dans le Littré qui renvoie à cadrat. Il s'agit d'un terme de typographie ; le cadrat est un caractère sans oeil (c'est-à-dire qu'il "imprime" un blanc) ; il est utilisé pour obtenir des espacements réguliers entre les autres caractères. Le cadrat est une unité de dimensions définie et utilisable partout à tous moments. Pour le pastoraliste, un **quadrat** est une petite surface nettement délimitée utilisée pour l'échantillonnage de la végétation. La délimitation est toujours matérialisée par un cadre rigide qui peut être posé directement sur la végétation ou maintenu au dessus par des pieds qui permettent de régler l'horizontalité de l'appareil. Il peut s'agir d'un simple cadre à l'intérieur duquel l'observateur recherche les espèces dont il dresse la liste. Celle-ci obtenue, le cadre est déplacé et une autre liste est dressée, ainsi de suite jusqu'à l'obtention de 25, 50 ou 100 listes suivant les auteurs. Ce cadre a tantôt 1 m de côté, tantôt 1 pied. Parfois des fils sont tendus à l'intérieur du cadre ; ils servent à en subdiviser la surface en sous-unités ou à effectuer des visées pour une mesure des recouvrements (figure III.15).

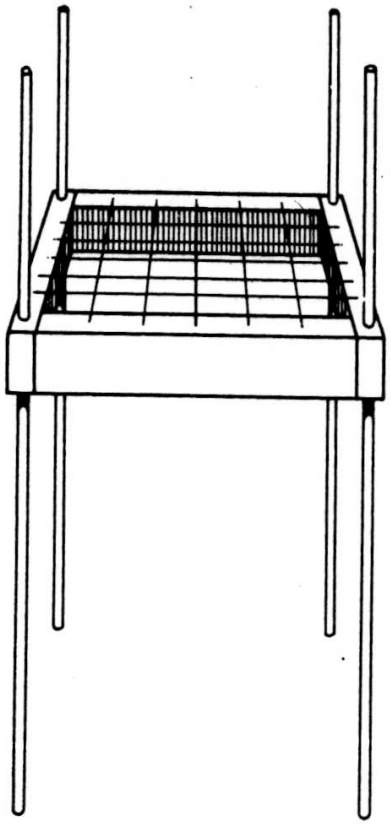


Figure III.15 – Un quadrat à fil et à pieds
(redessiné d’après Stanton, 1960)

3821.1 - Un quadrat élémentaire

Parmi les quadrats proposés, le plus simple est constitué d'un cadre de plastique simplement posé sur la végétation. Pour construire ce cadre, il faut 4 tubes de PVC (Chlorure de polyvynil) de 1 mètre et de 9 mm de diamètre, ainsi que 4 coudes à 90 (figure III.16) qui sont collés chacun sur un tube pour éviter les pertes. Le quadrat ainsi construit est portable, démontable et très léger ; il flotte même rempli d'eau et peut donc servir à l'analyse de végétations marécageuses et des bords d'étang. Il est aisé de faire des rallonges pour doubler la surface (il suffit de 4 tubes de 41.4 cm).

Pour le rendre encore plus facilement transportable, il suffit de couper les 4 tubes de 1 m en deux parties ; tous ces raccords se font facilement avec les éléments vendus en quincaillerie. Le quadrat de la figure pèse 325 g et a coûté 4 euro (en 2000).

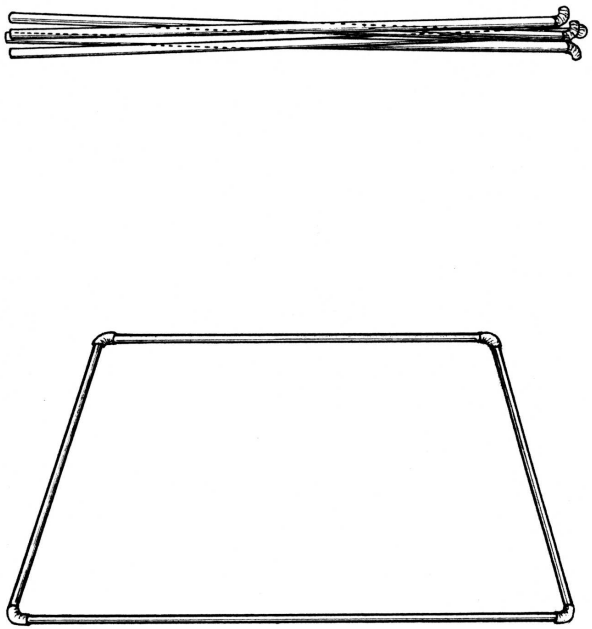


Figure III.16 – Le quadrat élémentaire en tube de PVC plié et monté

3821.2 - Quadrats pliants

Plusieurs formules de quadrats pliants ont été proposées (par exemple figure III.17)

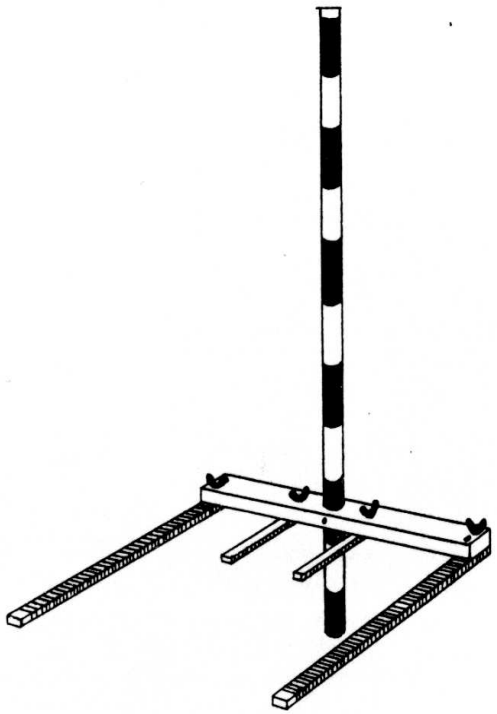


figure III.17 - Un quadrat pliant parmi d'autres (extrait de Thilenius, 1966)

D'innombrables formules de quadrats existent et sont décrites dans la littérature, métalliques ou en bois, rigides ou pliants, à pieds ou sans pieds, subdivisés par des fils ou sans fil, aucune n'apporte de commodité supérieure à celles du "quadrat élémentaire" qui vient d'être vu. Quant aux dimensions, elles varient presque autant, puisqu'on trouve des carrés de 1 pied, 2 pieds, 0.33, 0.50 ou 2 mètres à côté du standard de 1 mètre. Chacun a voulu justifier son choix par des considérations théoriques dont aucune n'est satisfaisantes; elles ignorent les lois qui régissent la variation du nombre d'espèce par unité d'échantillonnage (voir paragraphe 44.1).

3821.3 - Quadrat à surfaces emboîtées

Il s'agit d'un quadrat carré de 1 mètre de côté et dont le cadre est en bois muni de paumelles lui permettant d'être pliant. Des trous sont perforés dans le cadre ; ils permettent de faire passer des tiges métalliques fines. Ces trous sont disposés de telle manière qu'en utilisant deux tiges, on puisse matérialiser successivement les surfaces emboîtées de tailles croissantes des phytosociologues (figure III.16).

3821.4 - Quadrat en U

Une formation herbacée, ou une formation graminéenne, est considérée comme très haute lorsque sa hauteur moyenne est supérieure à 2 m. C'est le cas, en région tempérée, des roselières (*Phragmites arundinacea*) et aussi des cultures de maïs (*Zea mays*) et parfois de

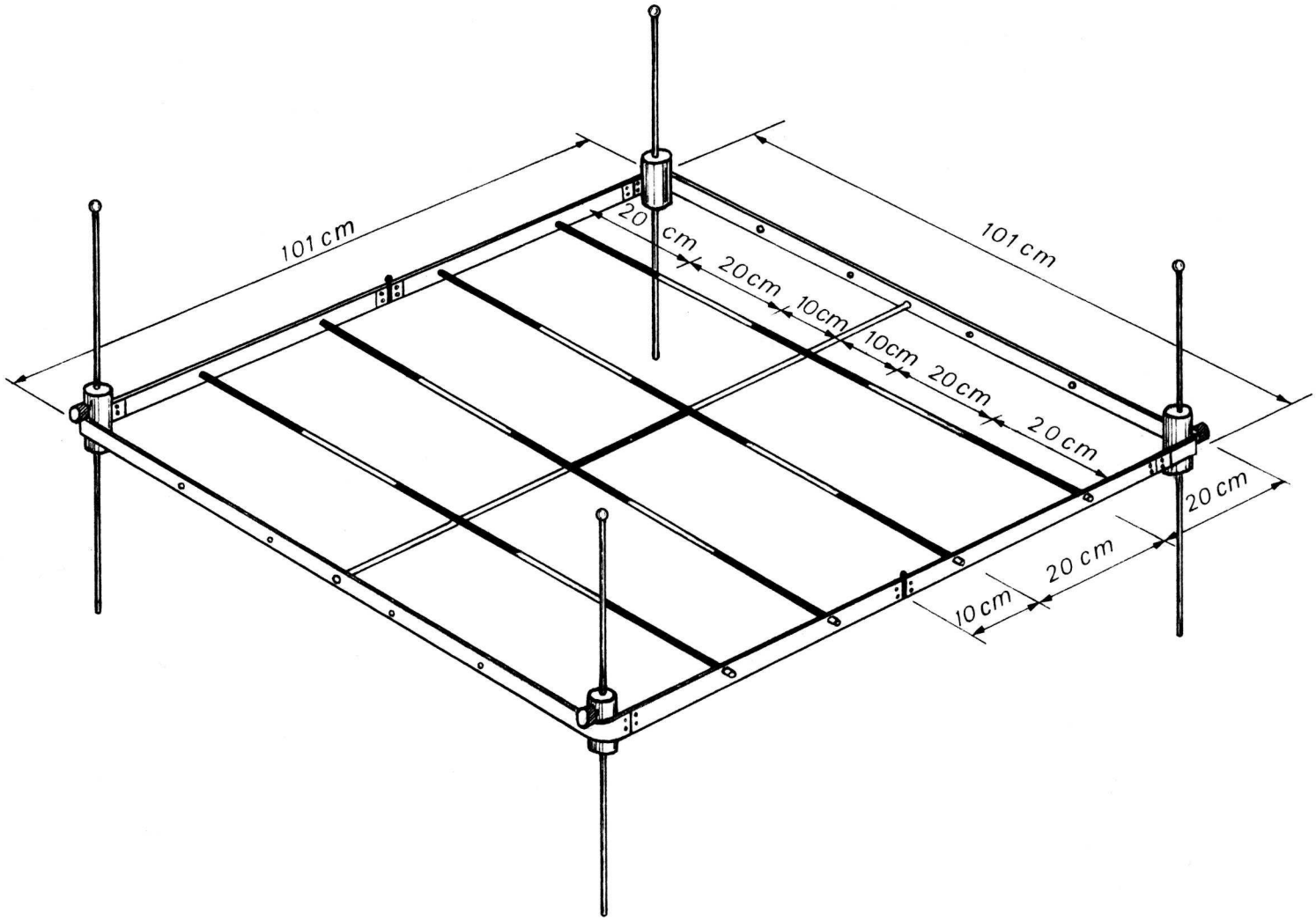


figure III.18 - Un quadrat à surfaces emboîtées (redessiné d'après Anwar Khan, 1974)

tournesol (*Helianthus annuus*), en région méditerranéenne des cannes de Provence (*Arundo donax*) et en régions tropicales humides de nombreuses savanes à Andropogonées. Les méthodes précédentes, comme celles des points-quatrat des paragraphes suivants, ne sont pas adéquates car elles supposent toutes que l'oeil de l'observateur soit au-dessus, ou, à la limite, au niveau de l'appareil ce qui ne peut être le cas dans ces formations qui le surplombent nettement. Les méthodes d'analyse de la voûte par photographies hémisphériques ne permettent pas les distinctions spécifiques. Elles ne répondent donc pas non plus au problème posé. Quant aux méthodes phytosociologiques, elles ne sont pas suffisamment précises pour suivre des évolutions ou des phénophases.

Le **quadrat en U** est un procédé d'approche permettant l'étude de ce type particulier de végétations. Il correspond à un carré de 1 m de côté. Trois de ces côtés sont matérialisés par des éléments constitués de profilé de fer en T dont le jambage est placé à l'extérieur ; ces éléments sont soudés solidement (à l'arc électrique) et leur extrémité libre est coupée en biseau de manière à permettre une introduction aisée dans les végétations denses (figure III.19). La végétation en place est coupée sur une bande de 50 mètres de long et d'environ 1,5 mètre de large. L'observateur se place dans cette "allée et a donc devant lui un "mur" de végétation. Il enfonce le quadrat en U dans la végétation jusqu'à ce que sa base arrive au ras du "mur" de végétation. Il peut alors procéder aux observations proprement dites. La même manœuvre est effectuée 33 fois, en déplaçant le quadrat de manière à laisser un espace de 50 cm entre deux positionnements successifs.

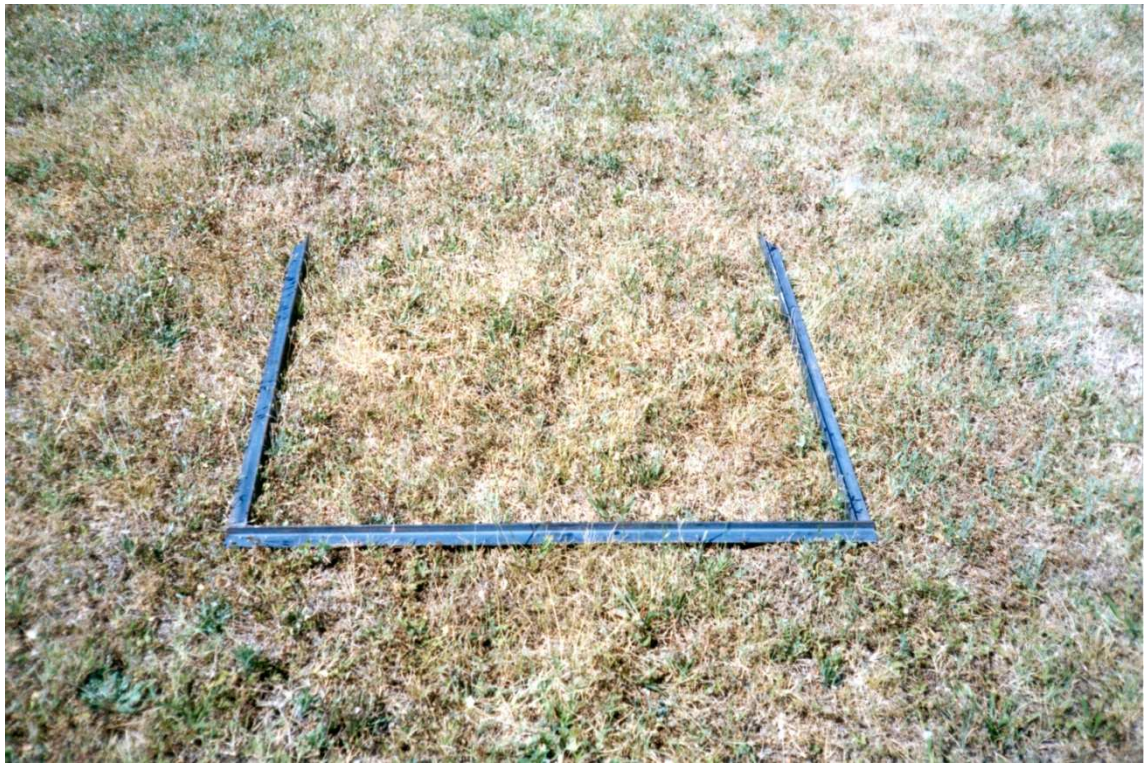


Figure III.19 – Un quadrat en U (d’après Daget & Konaté, 1996)

Dans chaque quadrat, les observations sont faites de la manière suivante :

1. la liste des espèces dont la souche ou le collet est dans le quadrat, ou dont le houppier se trouve au dessus, est établie ;
2. ensuite, chaque espèce de la liste est pondérée par une note qui est :
   - Note 0 : si l'espèce y est très rare, avec un seul pied ou un recouvrement au plus égal à 1/4 m2.
   - Note 1 : si l'espèce est peu abondante ou que son recouvrement est de l'ordre de 1/2 m2.
   - Note 2 : si l'espèce est abondante, ou son recouvrement est de l'ordre de 3/4 de m2.
   - Note 3 : si l'espèce est très abondante, ou présente un recouvrement supérieur à 3/4 de m2.

La liste complète des espèces présentes correspond à la fusion des 33 listes élémentaires; chaque espèce est pondérée par la somme des notes qui lui ont été données dans les quadrats élémentaires. De la sorte, la liste des espèces de la station est établie et assortie d'une note variant entre 0 et 99, note qui peut être assimilée à la mesure d'un recouvrement et utilisée comme telle. S'il est jugé souhaitable de distinguer les espèces

qui, en étant peu abondantes dans quelques quadrats, sont juste présentes dans les autres de celles qui en sont totalement absentes, on pourra remplacer la note zéro par une faible valeur décimale : 0,1 ; ainsi la "complexion" :

- 10 espèces peu abondantes
- 10 espèces rares
- 13 espèces absentes (dans le quadrat noté mais présentes dans la station),

est notée 11 = (10 x 1) + (10 x 0,1) + (13 x 0) ; elle sera sera distinguée de la complexion

- 10 espèces peu abondantes
- 23 espèces absentes

qui sera alors notée 10 = (10 x 1) + (23 x 0).

382.2 - Jets d'anneau

Cette technique consiste à parcourir la station en lançant un anneau çà et là, « au hasard » ; la liste des espèces présentes à l'intérieur de l'anneau est dressée là où il tombe. Pour pratiquer cette méthode, on a recommandé un anneau de 25 cm^2 (environ 6 cm de diamètre), mais il est parfois difficile de le retrouver après sa chute dès que la végétation n'est pas rase. Il n'est pas rare qu'il soit totalement perdu ; aussi est-il préférable d'utiliser un anneau assez grand et coloré, du type de celui qui est utilisé pour les jeux de plage. Bien que très préconisée jadis par les pastoralistes français, la méthode des jets d'anneau est une des plus pauvres qui soient. Les anneaux, sans être aussi vastes que les carrés de Jaccard, sont trop grands pour fournir une quantification fiable ; l'anneau ne tombe pas forcément bien à plat sur le sol, surtout si le pâturage comporte des refus ; le jet est tout sauf aléatoire, car l'anneau tombe là où il a été lancé et il est très difficile de ne pas se laisser influencer par ce qu'on voit au moment du lancer ; enfin il ne permet pas la prise en compte des espèces un tant soit peu volumineuses (*Gentiana lutea, Veratrum album, Genistella saggittalis, Peganum harmala*) et ne peut être utilisé dans formations ligneuses basses comme les landes, ni dans les formations mixtes herbacées-ligneuses hautes comme les steppes arborées... Il faut ajouter que les praticiens de cette méthode ne font souvent que 10 lancers ce qui les conduit aisément à la pondération de la flore sur 10 que recommandait Lecoq, mais ces mesures sont trop imprécises pour être exploitables sur le plan quantitatif.

382.3 - Emporte pièce

Pour l'analyse des prairies rases, Hédin utilisait un emporte-pièce. Il était constitué d'un cylindre d'acier d'environ 10 cm de haut et 4 cm de diamètre, la section faisant 25 cm^2 ; la partie inférieure du cylindre est taillée en biseau de façon à la rendre tranchante et une tige de fer est soudée au côté du cylindre. Cet appareil est donc très voisin de la sonde de l'école de Wageningen utilisée par De Vries et ses élèves (figure III.20).

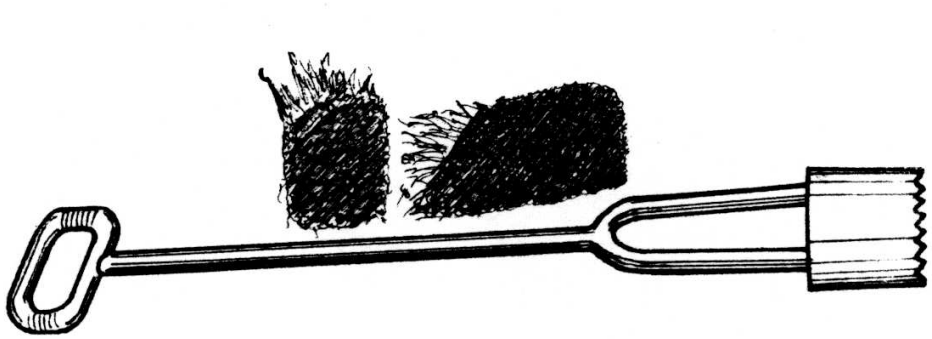


Figure III.20 - La sonde de l'école de Wageningen

Le pastoraliste parcours la parcelle soumise à son étude et, de place en place, enfonce le cylindre dans le sol avec la pied puis il le retire au moyen de la poignée. Il lui reste à oter le "bouchon" de terre et de végétation du cylindre et à l'examiner. En ce qui concerne la répartition des prises, le problème reste tel que la figure III.9 l'a déjà posé. Hédin faisait 25 prises. Les pastoralistes de l'école de Wageningen en répartissent 100 le long d'itinéraires parallèles à l'une des diagonales de la parcelle (figure III.21)

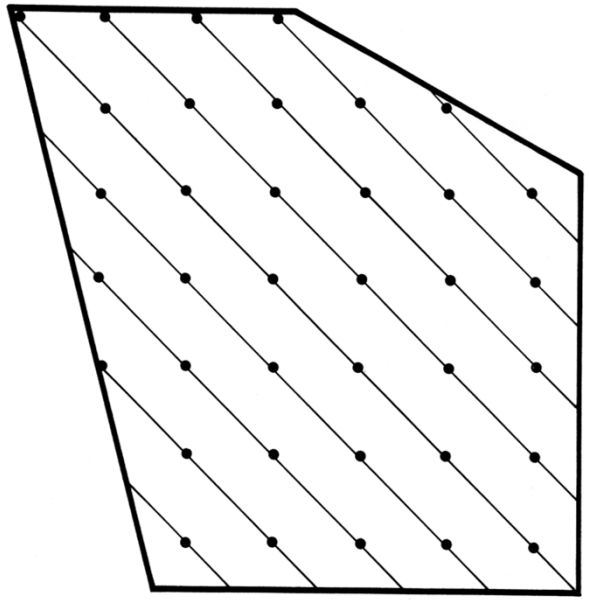
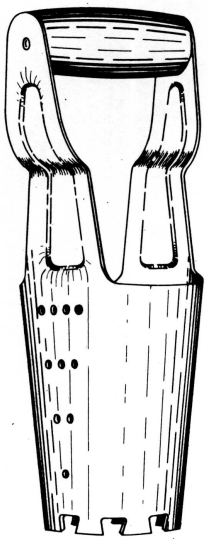
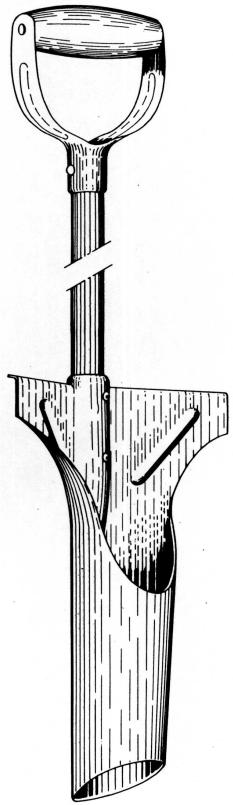


Figure III.21 - Répartition des prises pour l'école de Wageningen

La méthode de **l'emporte-pièce** telle que l'utilisait Hédin a l'inconvénient de porter sur un nombre trop restreint d'unités d'échantillonnage pour donner des fréquences fiables; telle que l'emploie l'école de Wageningen, le nombre en est suffisant ; dans les deux cas, la surface des prises est un peu trop grande. Par ailleurs, la méthode n'est utilisable que dans les végétations rases, du printemps, des parcelles surpâturées, des milieux secs ou encore à la sortie des animaux (en végétation haute il faut alors faire des prises (voir le paragraphe suivant), et de toutes façon sur sol non caillouteux. Par contre, elle présente un très gros avantage sur toutes les autres méthodes à la disposition du pastoraliste. En effet, dans ces végétations rases, les plantes sont souvent petites, insuffisamment poussées, broutées ; or, le fait d'avoir retiré un cylindre de sol avec sa végétation permet à l'observateur d'emporter cette petite partie de la prairie au laboratoire et de faire une mise en culture ; il va de soi qu'avant de quitter la parcelle, l'observateur doit avoir comblé ses trous, car ils sont assez grands pour qu'un mouton s'y prenne la patte et se la brise. Les cylindres sont étiquetés au moment de la récolte, puis, après retour au laboratoire, placés verticalement les uns à côté des autres dans un cristallisoir contenant un peu d'eau ; le tout est placé dans l'ambiance tiède d'une pièce éclairée (qui peut être celle d'une serre mais ce n'est pas indispensable). Il suffit d'attendre que ça pousse pour déterminer les espèces.

Depuis que De Vries et Hédin ont fait construire des emporte-pièces, les sociétés d'horticulture ont commercialisé des **plantoirs à bulbe** qui peuvent les remplacer avantageusement. Les uns sont manuels (figure III.22), d'autres sont munis d'un manche assez long (figure III.23). Leur forme conique facilite le démoulage de la prise. Les derniers modèles lancés sont même articulés ce qui aide encore plus au démoulage.





Figures III.22 & III.23 – Deux types de plantoir à bulbe

382.4 - Pincées

Lorsque la végétation est un peu haute, il n'est plus possible d'utiliser une sonde ou un emporte-pièce. De Vries a alors suggéré de pratiquer **la pincée**. Il s'agit de saisir une petite poignée de végétation au ras du sol, et de la retirer en la coupant à la base. Pour pratiquer la pincée il faut fermer le poing puis ouvrir le pouce et l'index de la main en les maintenant parallèles l'un à l'autre (figure 2.24) ; la prise est alors de 4 x 4 cm ou de 5 x 5 cm Si la main est grande ouverte, la poignée saisie est trop grande, de l'ordre de 125 cm 2. Les pincées sont réparties dans la station à analyser de la même manière que les prises à l'emporte-pièce.

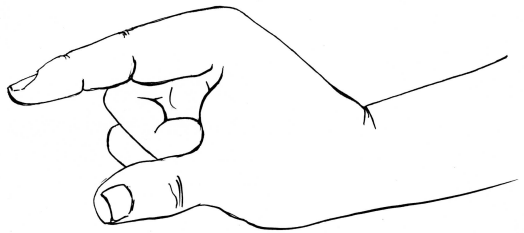


Figure III.24 – La saisie d’une pincée

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

382.5 – Collecte du berger

Les chercheurs de l'Emvt ont proposé et utilisé une méthode très proche, dite la **collecte du berger**. Elle fait appel aux gardiens des troupeaux considérés comme les meilleurs observateurs grâce à leur bonne connaissance de la flore et du bétail. Aux heures des repas et durant une demi-heure, le berger regarde attentivement pendant 10 à 20 secondes les prises alimentaires d'un animal et va prélever le plus près possible des emplacements de « broutage » plusieurs pincées « imitant une série de coups de dents (petits ruminants) ou de bouchées (bovins) » Les espèces présentes dans la pincée sont référencées en présence-absence. Le nombre d'observation par séance d'une demi heure est compris entre 30 et 60. Avec 3 séances par semaine pendant la saison ces prises donnent une image de ce que les animaux ont prélevé dans le pâturage par espèces et par saison. Mais cette technique laisse une part importante à la subjectivité ; elle n'est donc qu'indicative. De plus, si elle caractérise les prises, elle ne prend pas en compte les refus…

382.6 - La "Loop method"

La "**Loop method**" est un moyen simple d'analyse de la végétation pastorale ne nécessitant que peu de moyens matériels : deux "fiches d'arpenteur", une règle graduée. du commerce ou fabriquée exprès à partir d'un tasseau gradué, un anneau de 2 cm de diamètre brasé à une tige perpendiculaire à son plan et un marteau. Au moyen des deux fiches, la règle est fixée parallèlement au sol. L'anneau, tenu à la main, est descendu verticalement et les espèces dont un organe au moins est visible à travers la bague sont notées ; les organes végétaux doivent être retirés délicatement sur le côté pour examiner les espèces qui peuvent être située en dessous, puis l'anneau est descendu, et ceci progressivement jusqu'à la surface du sol. Les observations sont renouvelées à intervalles réguliers le long de la règle

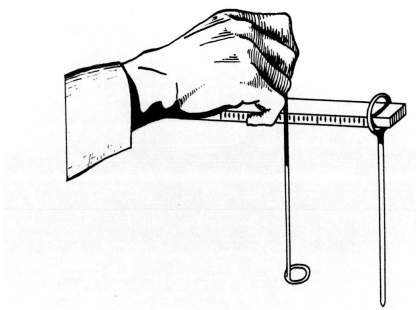


Figure III.25 – La loop method

382.6 - Méthode de Parker

La méthode de Parker ou " **3-step method** " consiste à disposer régulièrement de petites surfaces circulaires de 2 cm de diamètre le long d'un transect et à dresser la liste des espèces présentes dans chaque surface. Il faut disposer d'un niveau à bulle, d'un triple décamètre à ruban, de pieds de support construits avec du fer rond utilisé pour les armatures du béton (environ 12 mm de diamètre), de plusieurs noix de laiton : 4 pour la fixation des supports et 2 pour celle du ruban. Ces piquets de soutien sont placés à coup de masse départ et d'autre de la zone à échantillonner ; la barre transversale de l'un des supports est fixée horizontalement en utilisant le niveau à bulle (figure III.26). puis le triple décamètre est fixé par l'une de ses extrémité dans la fente de la noix centrale (figure III.27). La barre transversale du second support et le ruban sont alors positionnés de manière que le ruban soit horizontal. Pour faire les observations il faut disposer d'une "bague" constituée par un anneau métallique de profil tubulaire, de 20 mm de diamètre et de 5 à 10 mm de hauteur, montée au bout d'une tige métallique de 50 à 60 cm de long coudée de manière à ce que son axe passe par le centre de la bague comme c'est indiqué sur la figure III.28. Les lectures sont effectuées tous les 20 centimètres sur une longueur de 20 m ; il y a donc 100 lectures. Le manche de la bague est placé en regard de la graduation retenue en le tenant légèrement pincé de manière à ce qu'il prenne une position.

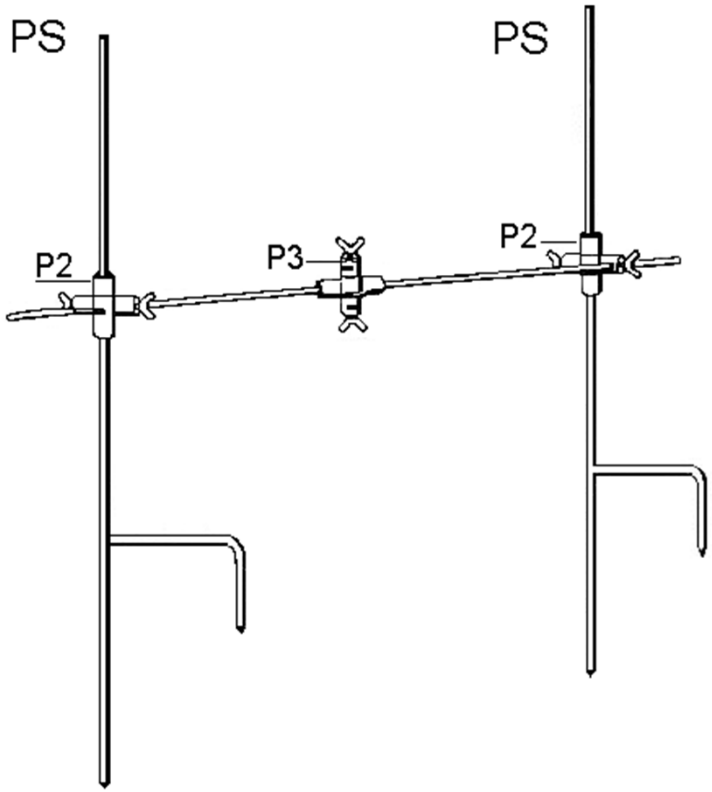


Figure III.26 - Structure des supports utilisés dans la méthode de Parker
(extrait de Long, 1957)

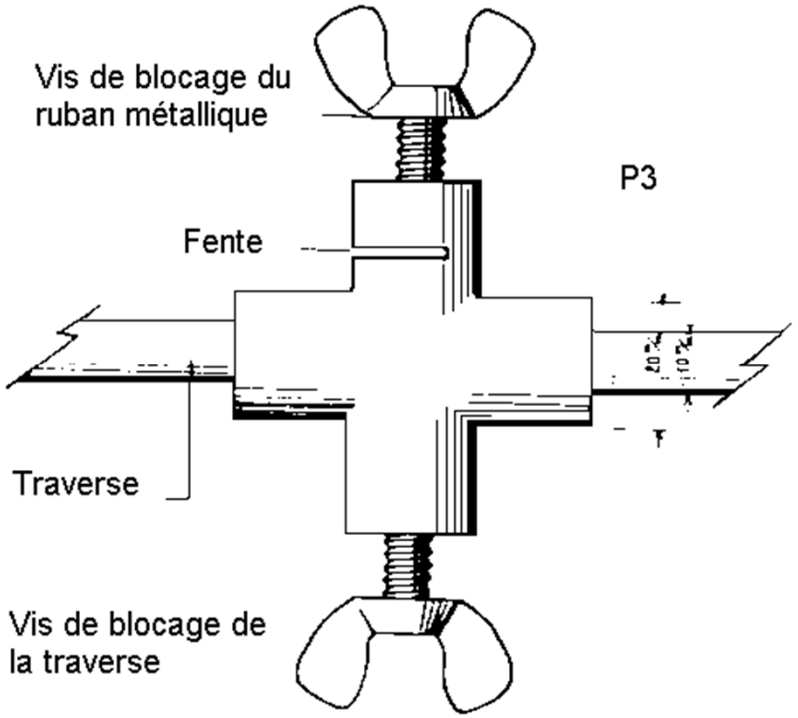


Figure III.27 - Noix de fixation du triple décamètre à ruban (extrait de Long, 1957)

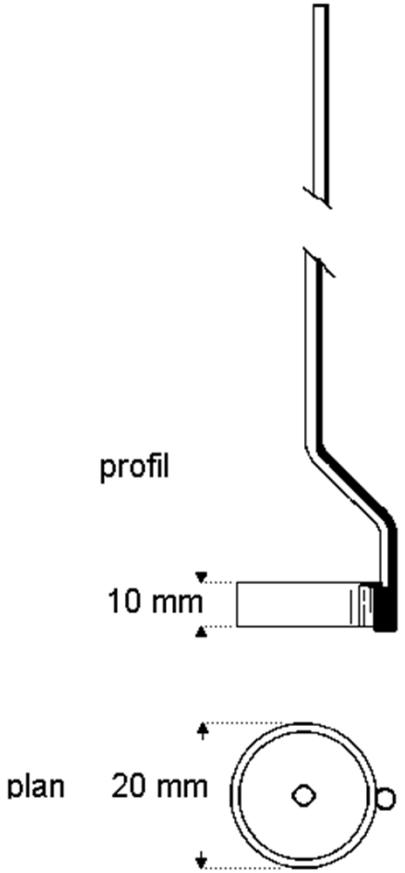


Figure III.28– Détail de la bague d'observation (extrait de Long, 1957)

verticale ; elle est abaissée progressivement jusqu'à la surface du sol et l'opérateur enregistre ce qui se trouve dans et sous la bague au cours de cette opération. Si la végétation est un peu haute, les opérations peuvent être distribuées par strate. Les promoteurs de cette méthode conseillent de hiérarchiser ces observations selon leur importance dans la bague et de toujours indiquer l'état de la surface du sol même s'il est recouvert de végétation.

Les opérations sont assez longues à réaliser ; c'est une méthode très lourde. Elle est inutilisable pour des enquêtes, mais elle a été recommandée pour suivre l'évolution des terrains de parcours par des lignes permanentes ; on peut alors laisser les supports en place pour les observations ultérieures ou marquer l'emplacement du décamètre par des piquets cornières enfoncé dans le sol, ou mieux encore de grosses vis métalliques à tête plate, car elles ne gênent ni le pied du bétail ni le passage des engins agricoles. Dans certains pays, les pièces métalliques, même scélées disparaissent systématiquement, les marques à la peinture peuvent être effacées, et les rochers déplacés, du moins ceux qui sont de taille modérée ; l'expérience montre qu’une bonne marque est alors une fosse de 1 mètre cube parce que personne ne peux la voler. Mais le meilleur repère est le **point GPS.**

Suite au chapitre 4

Chapitre 4

Analyse de la végétation

Méthodes d’étude et matériels

2° partie

Une chèvre sahélienne – Photo Cirad/Emvt

Liste des paragraphes

- 4.1 – Les points quadrats ……..4.04
- 4.2 – Les points quadrats obliques ……..….4.24
- 4.3 – Le double-mètre et la baïonnette ……....4.30
- 4.4 – Points quadrats optiques ……4.36
- 4.5 – Adaptation aux formations ligneuses ……..4.43
- 4.6 – Méthodes particulières ……4.53
- 4.7 – Comparaison de méthodes ……..4.84
- 4.8 – Analyse de l’enracinement ……..4.87

4.1 - Les points-quadrats

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

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

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

- des méthodes destinées aux pâturages ouverts ou très ouverts (voir paragraphe 1.1.2) des climats arides,
- des méthodes destinées aux herbages fermés (formations herbacées denses; voir paragraphe 1.1.2) des climats humides.

41.1 - Les méthodes de points-quadrats dans les pâturages ouverts

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

411.1 - La canne pointue

L'observateur fait une marque à la pointe d'un de ses souliers et dispose d'une canne pointue ou d'une longue tige acérée. Tous les deux à trois pas, il pique sa canne dans le sol en suivant la marque de son soulier (figure IV.1).

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

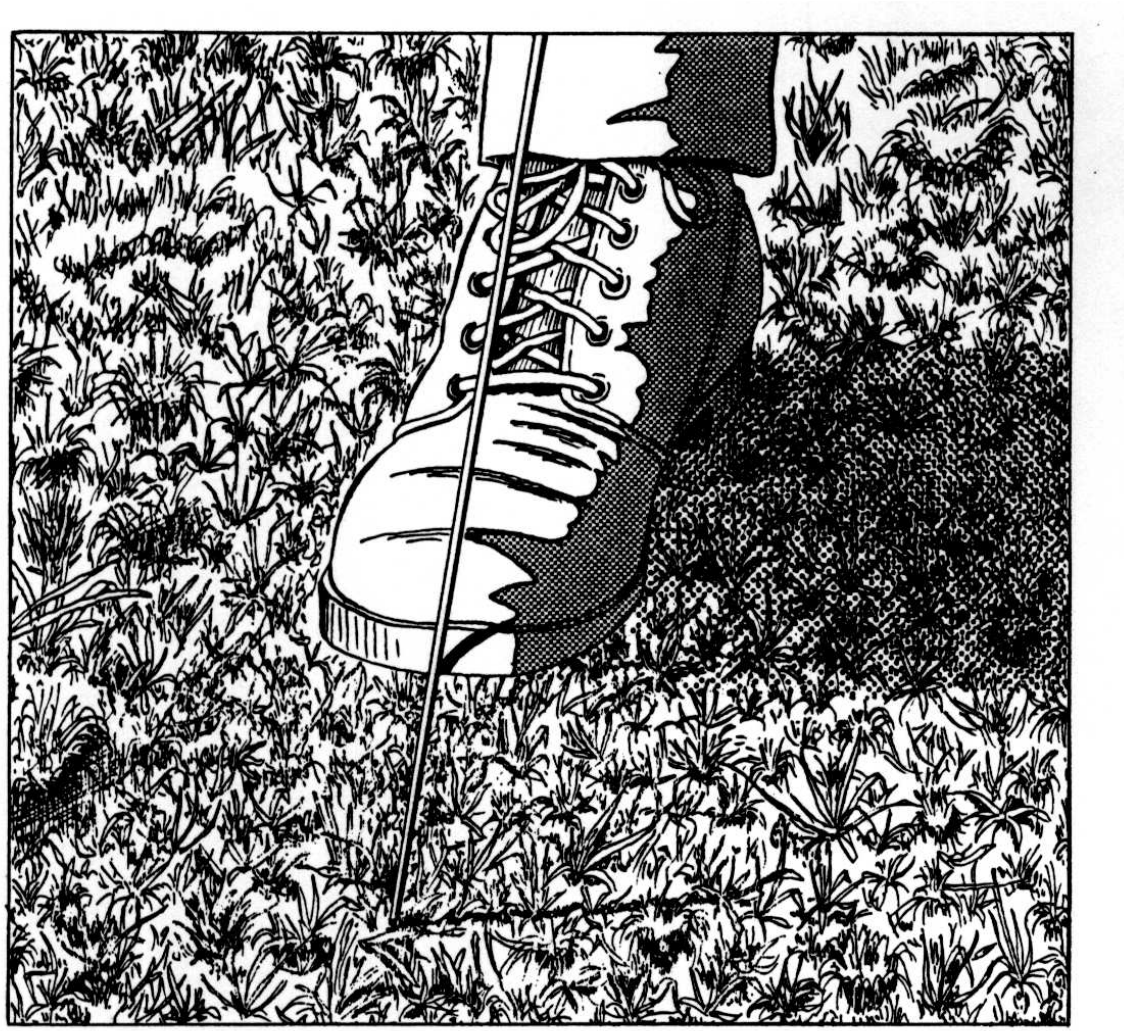


figure IV.1 - La canne pointue (d'après une photo d'Evans, 1957)

411.2 - La roue à pointes

La roue à pointes est un appareil qui a été imaginé en Afrique du sud au cours des années 50 et pour l'étude du Veld ; c'est peut-être la technique la plus utilisée dans ce pays et en Australie pour la mesure du recouvrement des espèces des pâturages arides. La figure 3.26 montre mieux qu'une longue explication comment est construite la roue à pointes.

Pour faire des mesures avec ce matériel, il faut trois opérateurs, le premier, aux poignées de la machine, en assure la progression et l'arrête lorsqu'une de ses pointes touche le sol. Les deux autres opérateurs se consacrent chacun à une roue et notent si la pointe au contact touche du sol nu, ou une espèce, qu'il faut alors déterminer ; il note aussi la ou les espèces qui se trouvent à la verticale du contact. Pour certains observateurs, un contact est noté aussi si la roue touche un organe végétal aérien avant contact avec le sol, pour d'autres non.

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

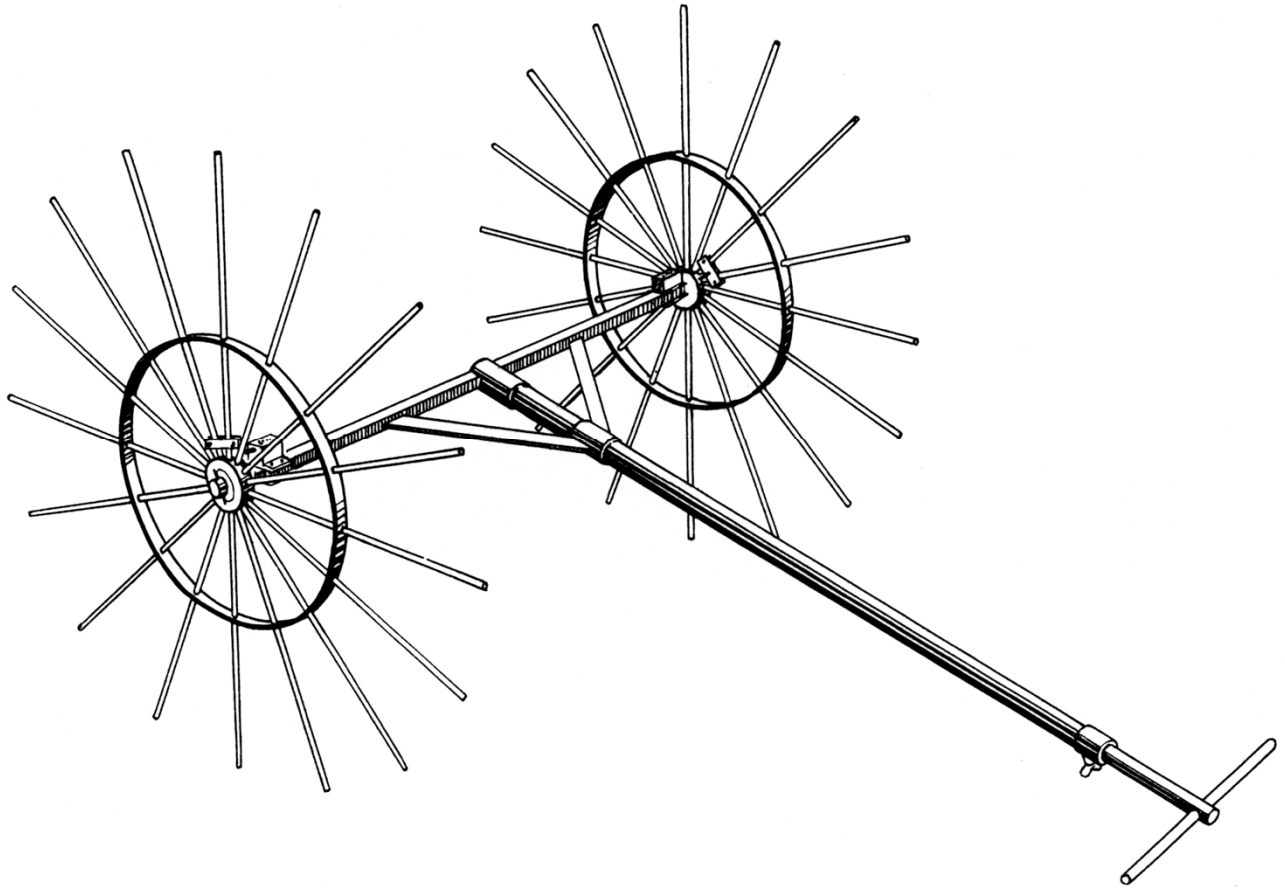


figure IV.2 - La roue à pointes (redessiné d'après van Broembsen, 1965)

Une roue à pointes au Turkestan

Photo Gintzburger

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

TRPU2EUTE0

signifie qu'au point correspondant se trouvent à la fois *Tripodia pungens* dans la classe de hauteur 2 et *Eucalyptus terminalis* dans la classe 0 (les classes de hauteur des australiens sont différentes de celles que nous recommandons).

NN

signifie sol nu et rien au dessus.

Tous les 100 points les enregistrements effectués sont sauvegardés et on observe jusqu'à 1 000 points dans un transect. Comme toutes les observations sont enregistrées et qu'en raison de la construction même du matériel employé, les points sont équidistants, il est possible de faire des études de structure de la végétation et de reconstituer le profil vertical de la station. Ceci dans le cas où seuls les contacts au sol sont retenus. Des programmes ont été mis au point pour une interprétation directe des enregistrements. La méthode de la roue à pointes est commode, simple et précise, non destructive, elle permet les répétitions, soit immédiates dans la station, soit échelonnées dans le temps, à des fins de comparaison. Ce procédé a donc beaucoup de succès dans les régions où il est pratiqué.

411.3 - Le peigne mobile

Le peigne mobile, représenté sur la figure IV.3, est une formule extrême de la roue à pointes permettant à l'observateur de travailler seul.

41.2 - Les méthodes de points-quadrats dans les formations herbacées denses

Il semble que ce soit pour l'études des formations herbacées denses rases, c'est-à-dire dont la hauteur moyenne est inférieure à 25 cm (voir paragraphe 121.2) de Nouvelle-Zélande que la méthode des points-quadrats ait été imaginée par Levy en 1926. Pour ce type de végétation, elle a pénétré au Canada assez tôt mais n'a atteint la France que dans les années soixante. Deux approches sont pratiquées selon que les observations sont faites selon des directions verticales ou obliques ; nous les verrons successivement.

412.1 - Points-quadrats verticaux

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

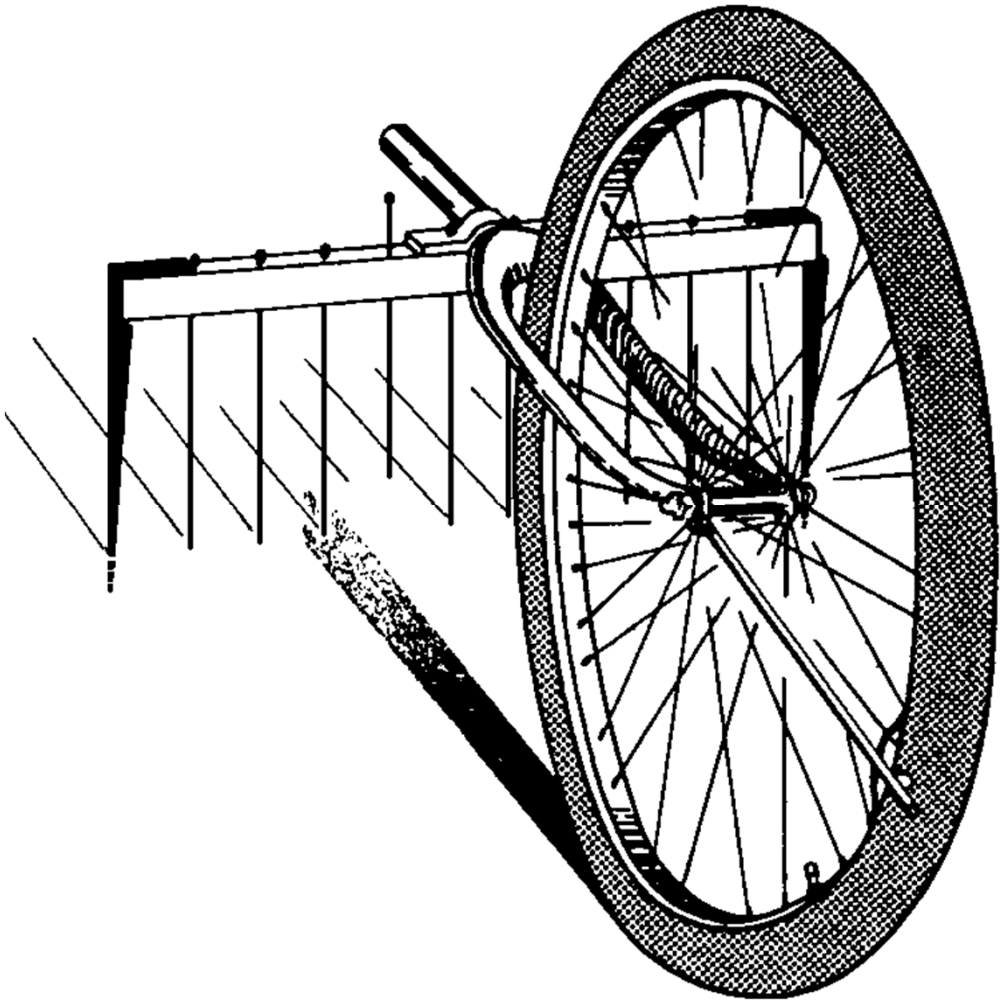


figure IV.3 - Le peigne mobile (d'après une photo de Nerney, 1960)

4121.1 - Le système de Levy

Comme il vient d'être dit, il s'agit là du premier système d'étude de points-quadrats imaginé et utilisé en Nouvelle-Zélande dès 1926. Il est constitué d'un bâti muni de 10 aiguilles espacées de 5 cm (2 pouces) et de 2 pieds pointus pour la mise en place (figure IV.4). Les aiguilles sont successivement descendues dans la végétation et les espèces qu'elles touchent au moins une fois notées à mesure. Plusieurs séries de points sont nécessaires pour caractériser une station ; les auteurs recommandent 75 séries pour caractériser les espèces dominantes et entre 40 à 50 pour l'ensemble des espèces du tapis végétal. Actuellement, il est apparu, comme cela sera souligné plus loin, que 100 points de végétation suffisent. Il semble, à la lecture de leurs textes, que les auteurs aient fait leurs observations en notant les espèces successivement en contact avec la pointe de l'aiguille dans son mouvement vertical ; toutefois, beaucoup ont lu qu'il convenait de descendre d'abord l'aiguille dans la végétation jusqu'au sol puis de regarder les espèces en contact avec la surface de l'aiguille. Cette dernière technique a fait l'objet de justes critiques (voir paragraphe 355.4) et doit être exclue.

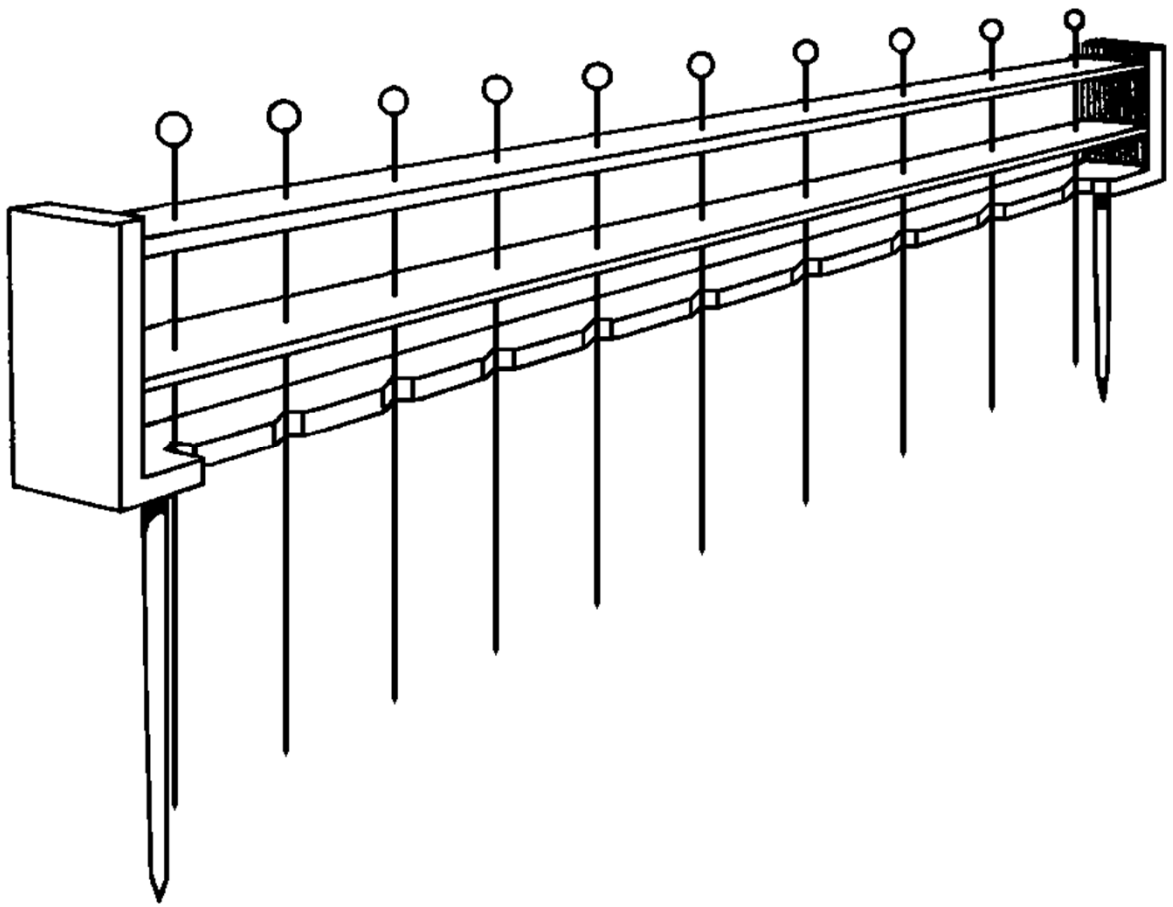


figure IV.4 - Le système de points-quadrats de Levy

(d'après une photo de Levy & Madden, 1933)

De nombreuses adaptations et modifications ont été proposées au système de Levy pour faciliter les manipulations. Pour que les observations soient faites avec le contact de la pointe de l'aiguille, il faut pouvoir les descendre successivement, et, surtout, progressivement. Le coulissage des aiguilles dans leur conduit est donc freiné par des forces de frottement assurées par le passage dans un tampon de feutre (comme la bourre des cartouches de chasse) ou dans une pièce de cuir. Ces frottements permettent de maintenir l'aiguille à mi-course quand l'observateur la lâche ; ses mains sont donc libres et disponibles pour retirer la feuille touchée. Une pastille d'aimant permanent a été utilisée pour le même résultat.

4121.2 - L'appareil de Deschênes

L'appareil de Deschènes, au Canada, est un bâti de 2 m de long (figure IV.5 et IV.6) articulé en son centre, muni de pieds coulissants et de 50 aiguilles elles-mêmes coulissantes. Plus précis que le système de Levy, il est également plus lourd, et son caractère pliant lui permet d'être logé dans le coffre d'une voiture, mais ne le rend pas réellement portable. Ce n'est pas un inconvénient majeur au Quebec, qui est un pays relativement plat, mais constitue un obstacle rédhibitoire à son utilisation en pays montagneux.

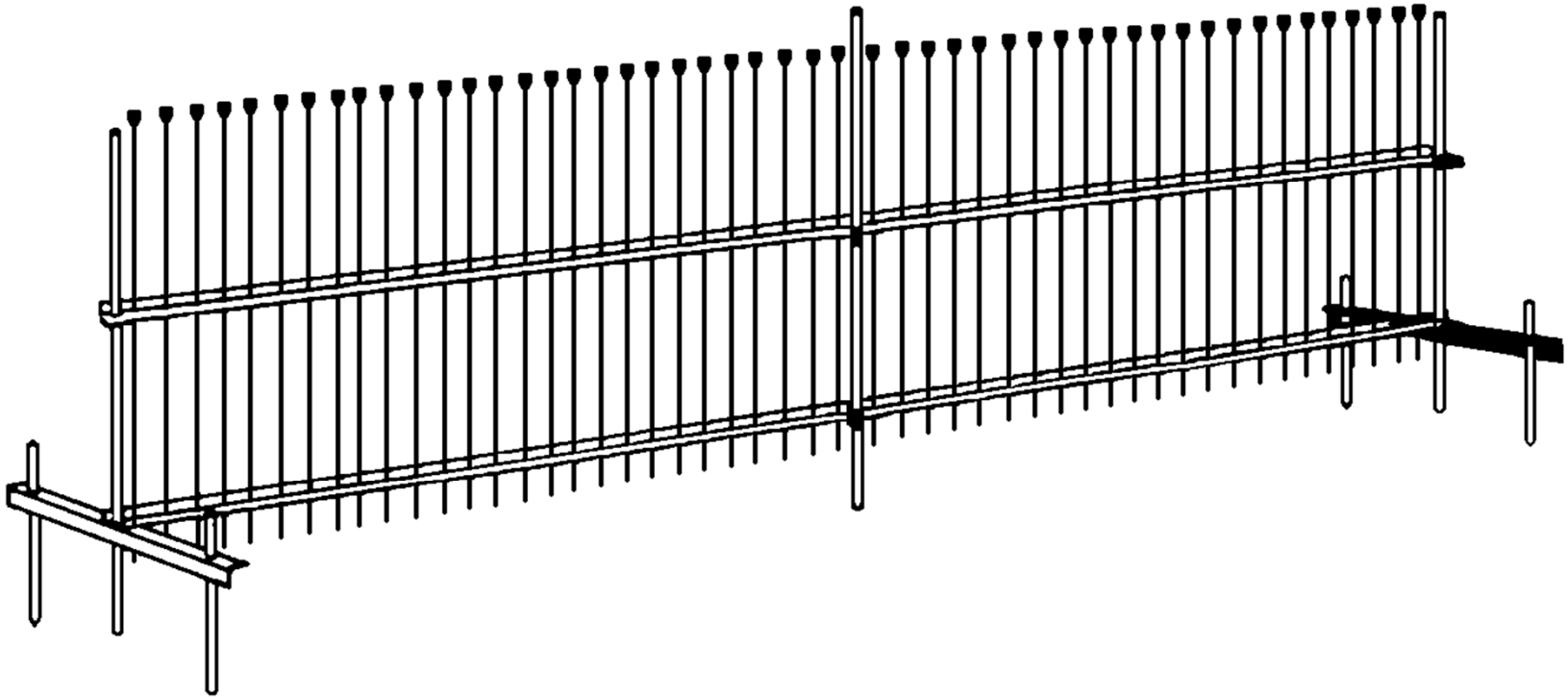


figure IV.5 - L'appareil de Deschênes pour l'observation de points-quadrats : position de travail

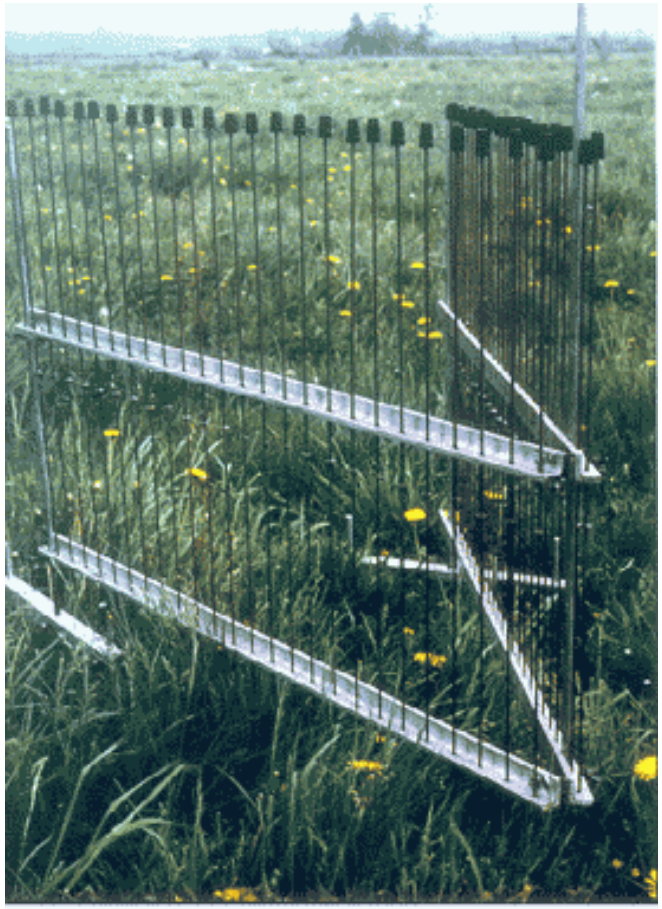


figure IV.6 - L'appareil de Deschênes pour l'observation de points-quadrats : position repliée

4121.3 - Le bâti de Poissonet-Ogereau

Une aiguille très fine (diamètre voisin de 0.5 mm, longueur voisine de 15 cm) et pointue est introduite dans une gaine qui rappelle une aiguille de seringue hypodermique (diamètre voisin de 1 mm, longueur voisine de 10 cm) ; l'ensemble est construit de telle manière que l'aiguille, qui se tord facilement, puisse être changée aisément et rapidement. Ce support d'aiguille est monté dans une tige qui est mobile verticalement dans un chariot qui se déplace le long d'une poutrelle de duralumin munie de deux bandes de surface rugueuses (rubans de toile émeri) (figure IV.7). Le chariot est muni d'une grosse molette qui fait tourner un cylindre garni de caoutchouc appliqué sur les bandes rugueuses. Les positions du chariot sont préréglées par un plot sphérique - Le même appareil partiellement replié qui glisse à la surface supérieure de la poutre et s'immobilise dans des logettes usinées à la surface. Les deux extrémités de la poutrelle sont munies de noix dans lesquelles passent deux pieds métalliques munis de pointes. Pour la mise en place, le bâti est positionné approximativement puis les pointes des pieds sont enfoncées dans le sol, ce qui se fait aisément. puis l'horizontalité de la poutrelle est réglée avec un niveau à bulle. Pour faire les observations, en chaque point l'aiguille est descendue lentement dans la végétation ; dès que la pointe touche la partie aérienne d'une plante, on enregistre le nom de l'espèce correspondante.

Cet appareil permet des observations d'une grande précision, mais il est lourd et encombrant, délicat à construire et sa manipulation minutieuse nécessite beaucoup d'attention (figure IV.9). Il constitue un matériel de référence plus qu'un procédé de travail courant.

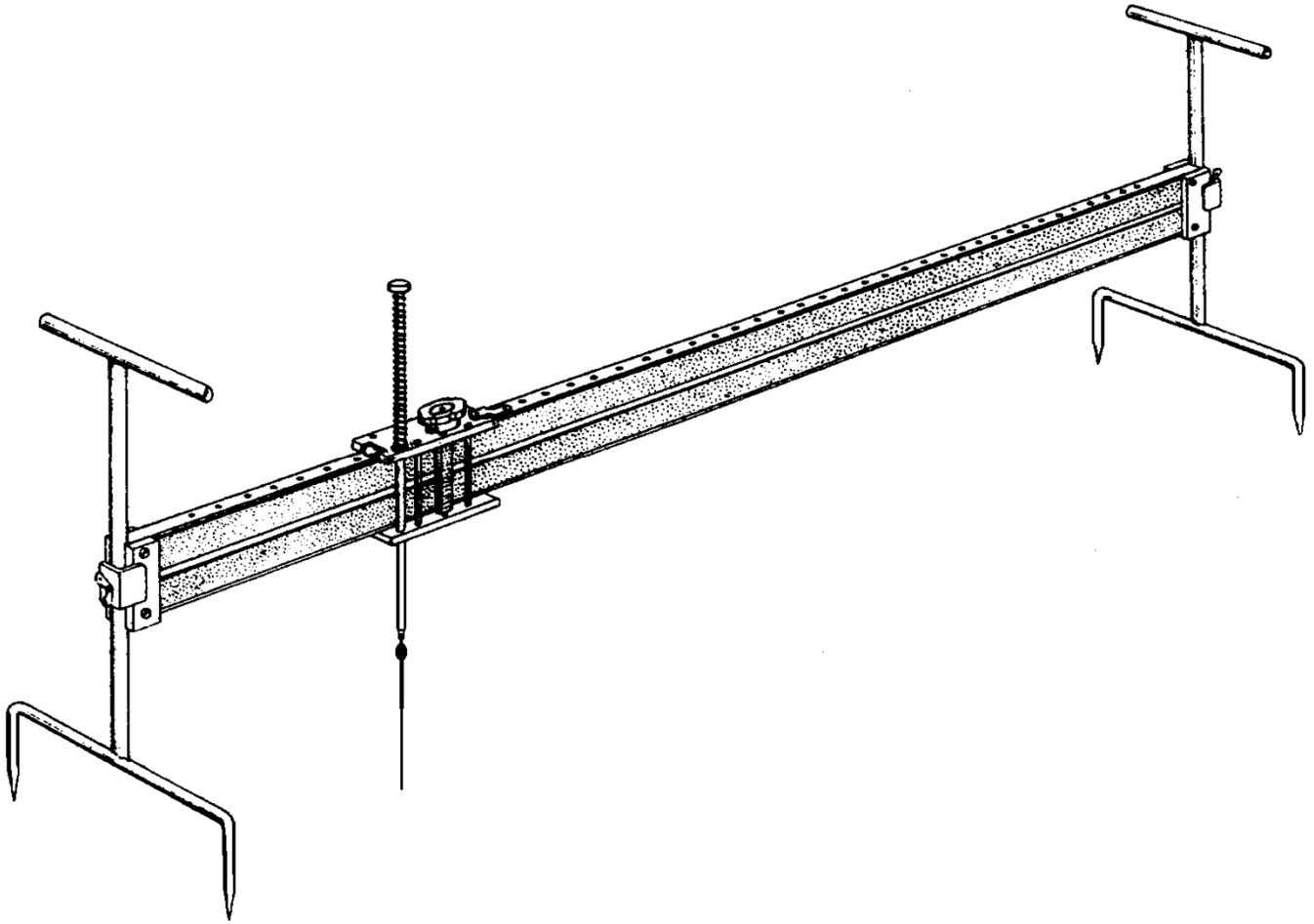


figure IV.7 - Le bâti de Poissonet-Ogereau pour l'observation de points-quadrats
(extrait de Poissonet et al., 1969)

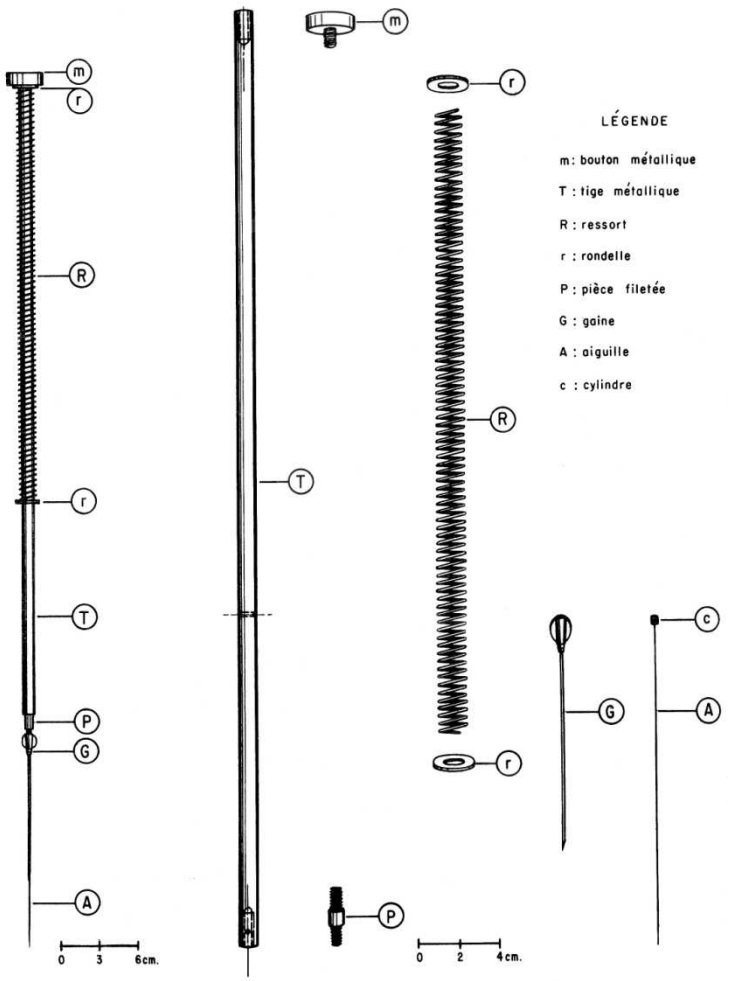


figure IV.8 - Montage de l'aiguille dans la bâti de Poissonet-Ogereau
(extrait de Poissonet *et al.*, 1969)

figure IV.9 - Observations en cours avec le bâti de Poissonet-Ogereau

41.3 - Application aux végétations élevées

Lorsque la hauteur moyenne du tapis végétal dépasse 25 cm, tout en restant inférieure à 1 m, donc dans les végétations basses et élevées (voir paragraphe 121.2), les méthodes qui viennent d'être décrites deviennent inapplicables. On utilise alors une adaptation des points-quadrats négligeant certaines incertitudes. Elle nécessite un double décamètre en ruban, de préférence métallique ; deux tiges de fer, genre fer à béton, apointées à l'une de leurs extrémités ; deux noix sont rattachées à ces fers et pincent le décamètre (voir figure IV.10) une masse et une aiguille constituée d'éléments de 50 cm emboîtables au moyen d'un pas de vis (figure IV.11). Les tiges de fer sont enfoncées dans le sol avec la masse aussi verticalement que possible, et le décamètre mis en position horizontale à l'aide des noix. L'aiguille est fichée dans le sol verticalement en face des graduations multiples de 0.,0 m et toutes les espèces en contact avec la tige sont notées.

Une analyse de la structure verticale sera aidée en renouvelant les enregistrement par strate. Elles seront matérialisées en peignant l'aiguille alternativement en blanc et en rouge. Les strates usuelles sont les suivantes :

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

figure IV.10 – Mode de fixation du double décamètre

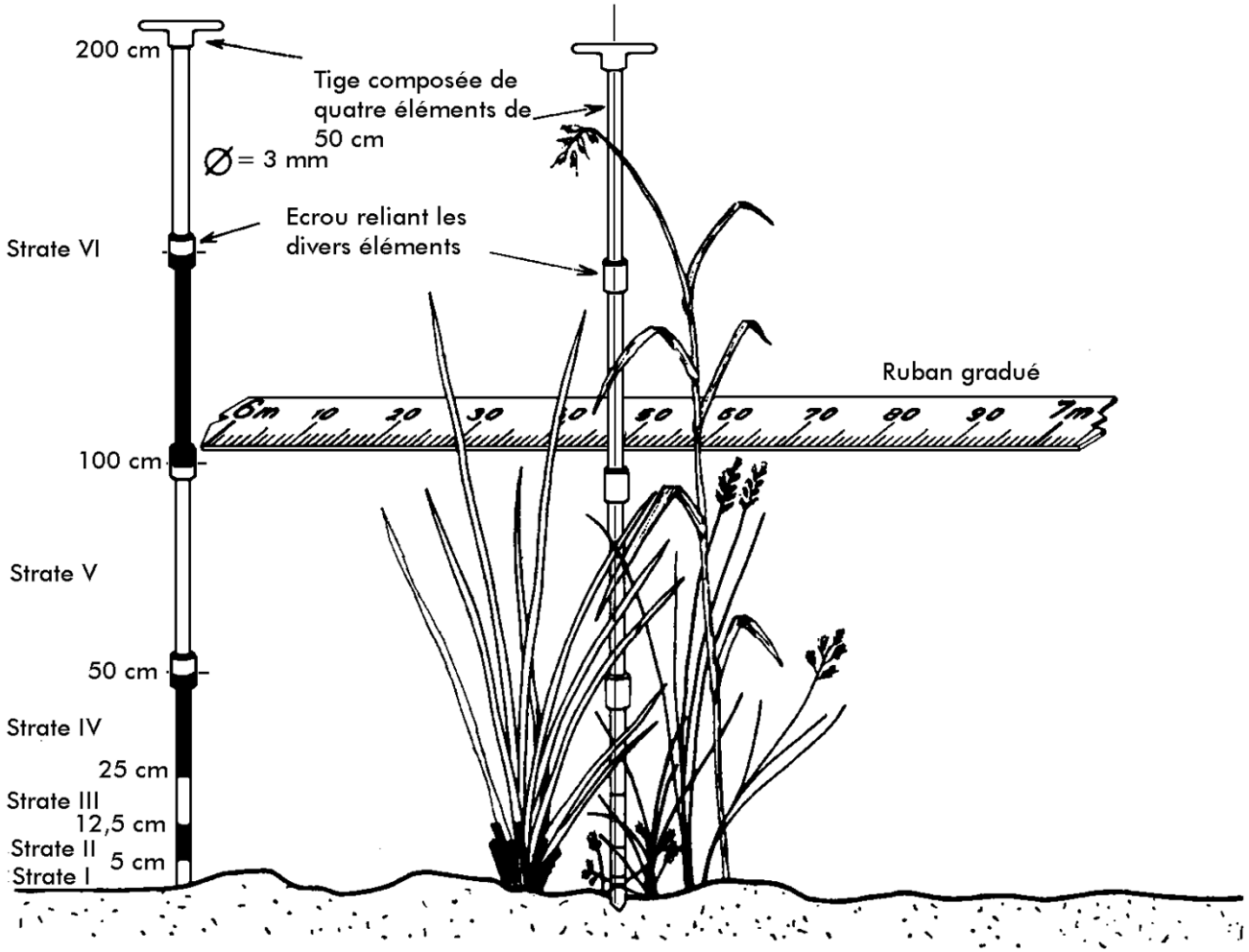


figure IV.11 - Vue détaillée de la constitution de l'aiguille et de sa mise en place dans des végétations très hautes

4.2 - Les points quadrats obliques

Plus qu'une simple méthode fréquentielle, les points-quadrats constituent une approche sensible et directe du recouvrement des espèces c'est-à-dire de la portion de la surface du sol couverte par la projection verticale de l'appareil végétatif de l'espèce. Ce type de mesure est parfois insuffisant pour certaines utilisations ; ainsi les physiologistes ont besoin de connaître la surface assimilatrice, ou le LAI (Leaf Area Index, en français Indice foliaire), c'est-à-dire le rapport de la surface assimilatrice de la végétation à celle de l'aire qu'elle occupe ; l'analyse des recouvrements n'en donne qu'une approximation qui peut être insuffisante. Lorsque les végétaux ont des feuilles dont le limbe est horizontal ou sub-horizontal, l'approximation est satisfaisante ; c'est le cas de *Trifolium repens* ou des plantes à rosette (*Hieracium pilosella, Taraxacum officinale*...). Mais pour les végétaux dont le feuillage est dressé, l'approximation devient très mauvaise ; c'est le cas des plantes graminoïdes des genres *Luzula*, *Carex* et des graminées cespiteuses comme *Festuca ovina* ou *Nardus stricta*. Les points-quadrats obliques permettent d'obvier à cette difficulté ; les lignes de visées étant obliques peuvent entrer en contact avec les parties les plus dressées. Les mesures obtenues ont été comparées aux surfaces vraies mesurées après coupe, soit par planimétrie d'une photocopie du feuillage soit à l'aide d'un planimètre à aspiration (les forestiers utilisent aussi les photographies hémisphériques pour cette mesure.

des appareils et du faible espace disponible sous le gazon, elle pourrait être dans le cas général, cette technique n'est pas utilisable dans les pâturages en raison du volume envisagée dans les formations mixtes). Ces matériels sortent du cadre du pastoralisme, ils ne seront pas analysés ici (On pourra trouver une description des premiers dans les travaux de de Parcevaux et des derniers dans ceux de Bonhomme.)

42.1 - L'appareil de l'Université McGill

Cet appareil pour l'observation de points-quadrats obliques, est un simple bâti dont l'inclinaison est réglée à la construction (figure IV.12) ; il comporte une dizaine d'aiguilles qu'il suffit de faire descendre dans la végétation. C'est le correspondant pour les points-quadrats inclinés de l'appareil de Levy et Madden pour les points-quadrats verticaux et il s'utilise de la même manière. Il est simple, rustique mais un peu lourd et ses aiguilles trop courtes en limitent l'emploi aux formations herbacées basses ou peu hautes.

42.2 - L'appareil de Warren-Wilson

Comme dans le bâti de Poissonet-Ogereau, cet appareil est muni d'une pointe très acérée permettant de réduire au minimum les dimensions de l'unité d'échantillonnage (figure IV.13). La molette graduée dont dispose l'appareil permet de modifier l'inclinaison de l'aiguille et de recommencer les mesures sous plusieurs angles ;

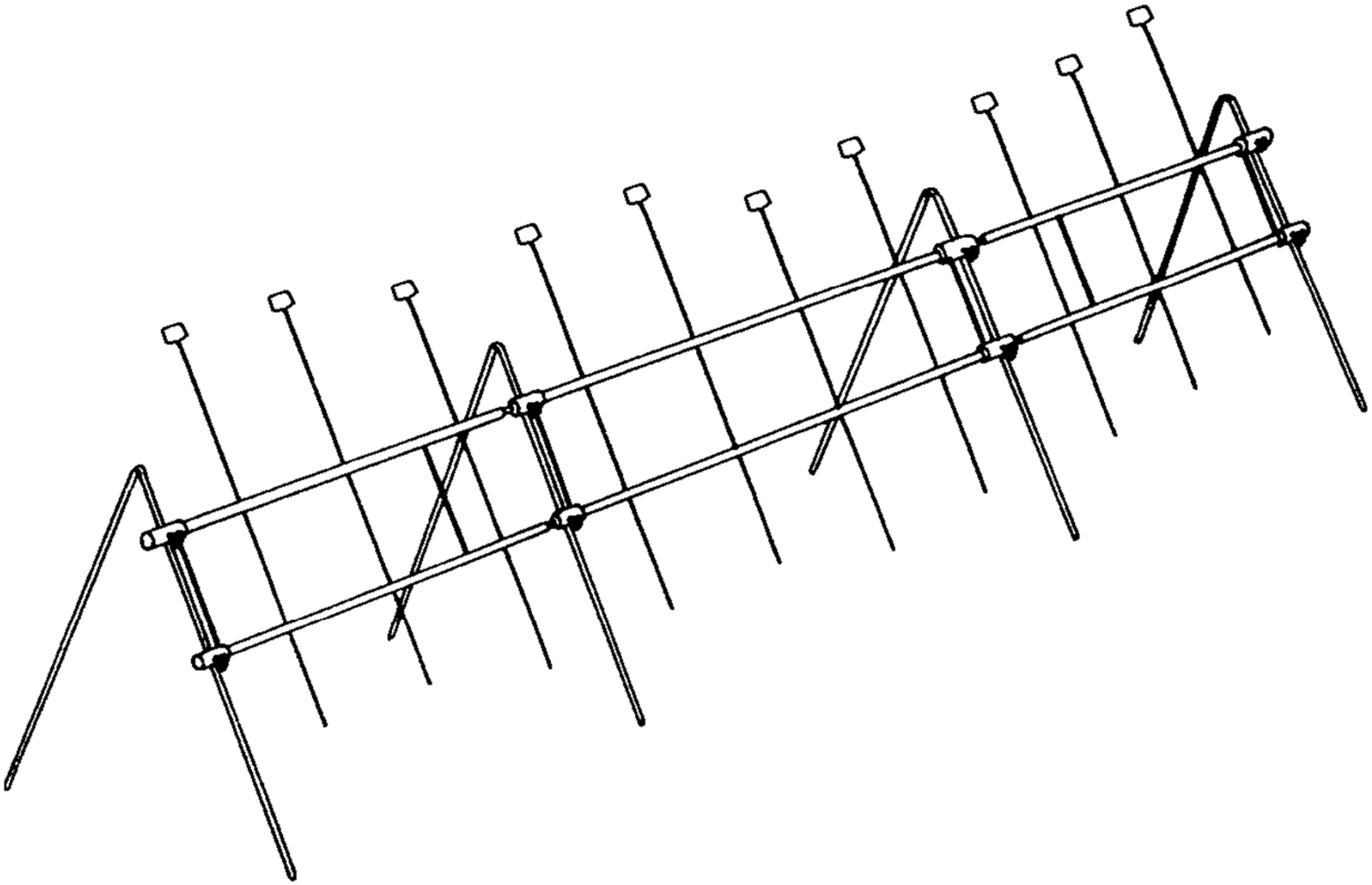


figure IV.12 - L'appareil de l'Université McGill

Warren-Wilson, après diverses comparaison avec les surfaces foliaires vraies, recommandait l'emploi de trois angles de pénétration. Cela suppose que l'appareil soit utilisé dans des végétations assez lâches ; en effet, si le tissu du gazon est un tant soit peu dense, l'aiguille pénètre facilement, mais il fait modifier l'organisation de la végétation pour reconnaître la nature spécifique de l'organe végétal touché, dès lors la seconde observation porte sur une végétation modifiée, la troisième plus encore. L'avantage de la précision permise par ce système est immédiatement perdu.

Il s'agit ici d'un appareil extrêmement précis, mais dont la mise en place et l'utilisation sont délicates, ce qui en empêche l'utilisation quotidienne sur le terrain. Comme le bâti de Poissonet-Ogereau, l'appareil de Warren-Wilson doit être vu comme un matériel de référence réservé à des fins expérimentales et de comparaison.

42.3 - Points-quadrats obliques de terrain

Les pastoralistes qui cherchent à caractériser au mieux le "biovolume" ont parfois été conduits à employer les points-quadrats obliques sur le terrain. En raison des problèmes de mise en place qui viennent d'être évoqués, ils ont employé simplement l'appareil de l'Université Mac Gill ou un autre système d'origine texane. Il consiste en un cadre d'un pied de côté (30.48 cm) et de 3 pouces de hauteur (7.6 cm) au sein duquel 25 tubes fins et parallèles sont disposés de façon régulière.

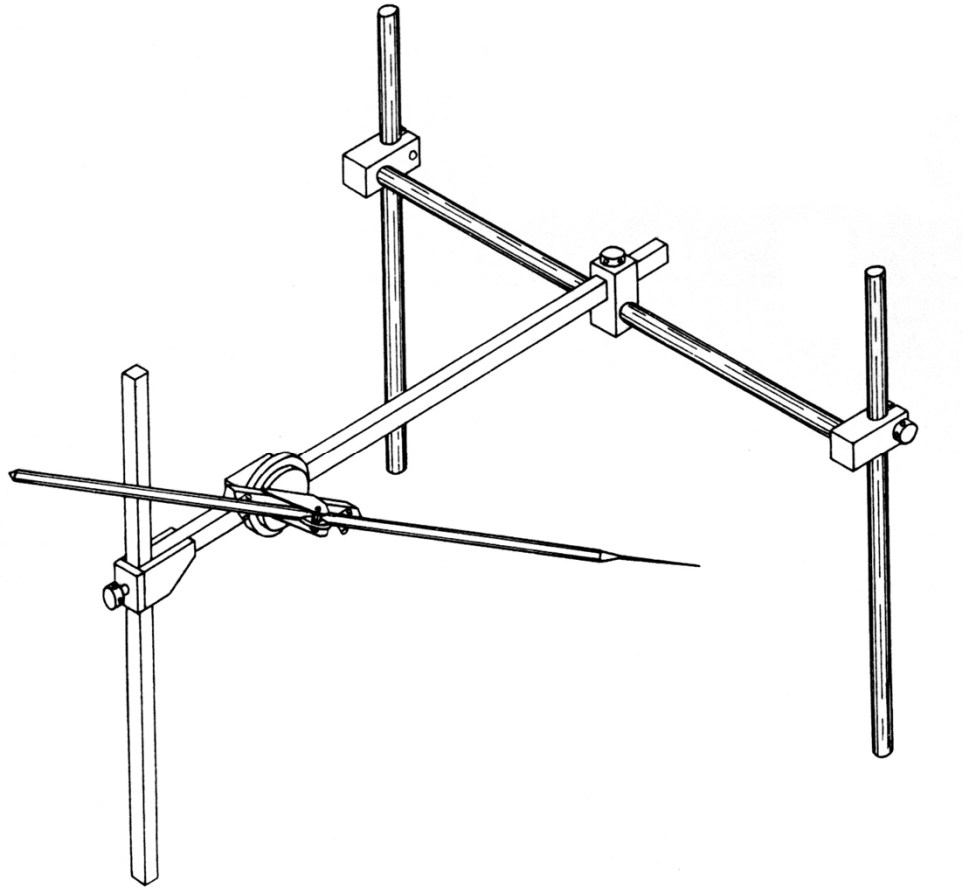


figure IV.13 - Appareil de Warren-Wilson pour l'observation de points-quadrats obliques (extrait de Warren-Wilson, 1950)

Ce cadre est muni de 4 pieds plus courts d'un côté que de l'autre, ce qui fait que, mis en place, il est incliné et donc que les tubes le sont aussi ; une tige fine, terminée en pointe est introduite dans le premier tube et descendue progressivement dans la végétation.

L'observateur note les espèces contactées à mesure de la descente. L'opération est recommencée pour chacun des tubes. Dans l'esprit de ses concepteurs ce matériel supplée les changements d'angles par une multiplication des observations élémentaires. On voit qu'il s 'agit d'une manipulation assez longue et qui n'est possible que dans des végétations pas trop denses. L'expérience montre que, pour les observations de terrain nécessaires au pastoraliste, l'appel aux points-quadrats inclinés est beaucoup trop compliqué et délicat et que le supplément de données ou de précisions qu'il fournit est insuffisamment fiable et souvent inutile.

4.3 - Le double-mètre et la baïonnette

43.1 - Le double-mètre

Cette technique, que nous avons mise au point nous-mêmes pour les végétations basses des pays tempérés, ne nécessite qu'un couteau et un double-mètre métallique (figure IV.14).

La mise en place est effectuée de la manière suivante : le double-mètre, complètement déployé, est glissé à la surface du sol, à travers la végétation, la tranche graduée étant perpendiculaire à cette surface ; lorsqu'il est complètement engagé dans l'herbe, il est rabattu en position parallèle à la surface du sol, afin que les graduations en soient aussi rapprochées que possible (figure IV.15). Les lectures sont faites sur le bord gradué, tous les quatre centimètres, c'est-à-dire à 0, 4, 8, 12, 16 cm etc. jusqu'à 200. L'observateur vise perpendiculairement à la surface du sol la graduation retenue et annonce toutes les espèces qui sont à la verticale de ce point et coupe sa ligne de visée. Il doit s'efforcer de la garder afin que ses observations puissent être assimilées à des points. La pointe du couteau peut l'aider à la suivre dans le tapis végétal. Par convention, les espèces ne sont habituellement annoncées qu'une seule fois par point, c'est-à-dire par ligne de visée, même si elle s'y trouve plusieurs f ois, par exemple en position haute (couronne) et basse (souche). Un deuxième observateur note les observations directement sur un formulaire préparé à cet effet.

figure IV.14 - Le matériel pour effectuer un double mètre

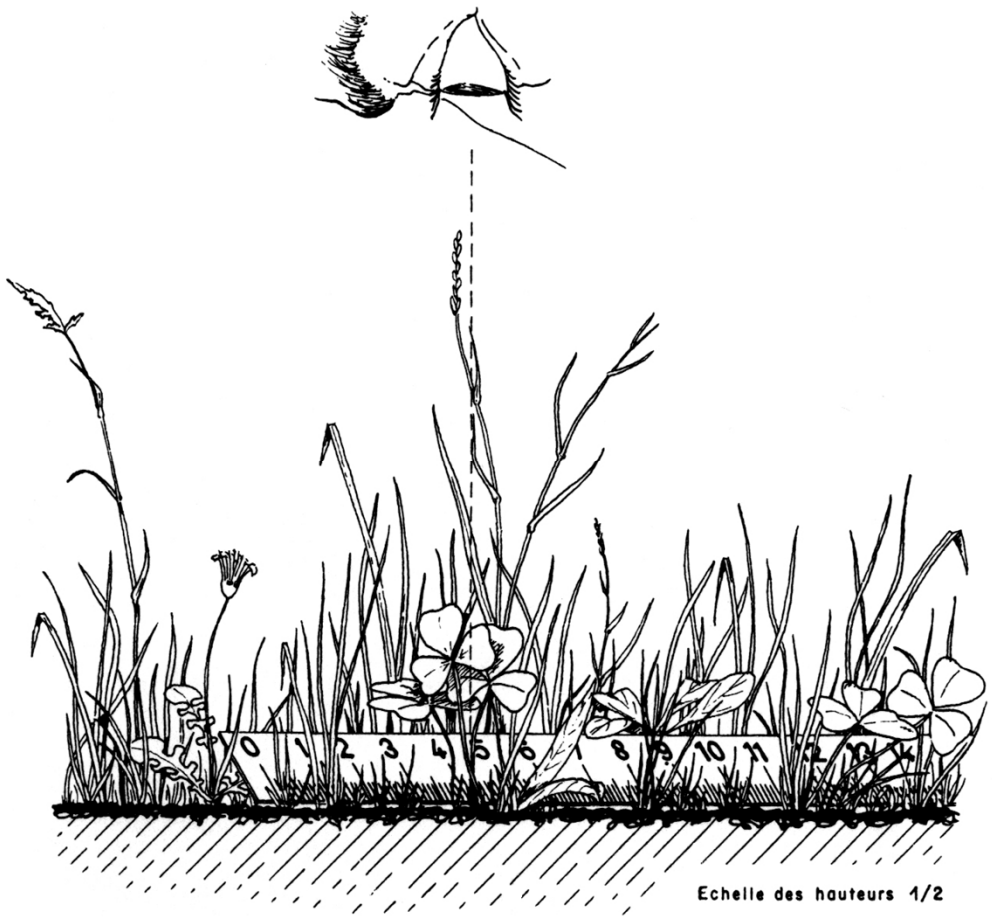


figure IV.15 - Le double-mètre en place dans la végétation et le mode de visée
(extrait de Daget & Poissonet, 1971)

Le double-mètre combine les avantages des points-quadrats classiques et des méthodes linéaires d'échantillonnage de la végétation. Il faut noter que les points de Levy sont espacés de 2.5 cm, ceux de Kershaw de 1 cm alors que les nôtres le sont de 4 cm L'expérience a montré que, dans les formations herbacées denses, il faut écarter les strates supérieures de la végétation, après avoir reconnu les espèces qui la constituent, pour pouvoir examiner celles des strates inférieures. Cette opération doit être faite délicatement de la main ou de la pointe du couteau, mais il n'est pas possible d'opérer sans déplacer la végétation de 1 à 2 cm autour du point analysé. C'est pourquoi il fallait une distance entre points d'au moins 3 cm; pour faciliter les calculs ultérieurs, les lectures sont faites tous les 4 cm ce qui en donne 50 pour un double mètre. Aussi faut-t-il lire 2 double-mètres dans chaque station pour avoir 100 lectures ; ces deux double-mètres sont pris dans le prolongement l'un de l'autre et, autant que faire se peut, dans l'axe de l'aire matérialisée sur le terrain pour l'analyse de la flore (paragraphe 223.2).

43.2 - La baïonnette

Lorsque la végétation est haute, à partir de 25 cm par exemple, ces points seraient trop rapprochés et la "couche de végétation trop épaisse" pour permettre de faire de bonnes lectures. Nous avons proposé d'effectuer les lectures en des points espacés de 20 cm Les mesures sont faites en 5 lignes de 4 mètres disposées parallèlement. En chaque point est planté une lame métallique présentant une tranche affûtée : la baïonnette ; les lectures sont faites le long du fil de cette baïonnette (figure IV.16).

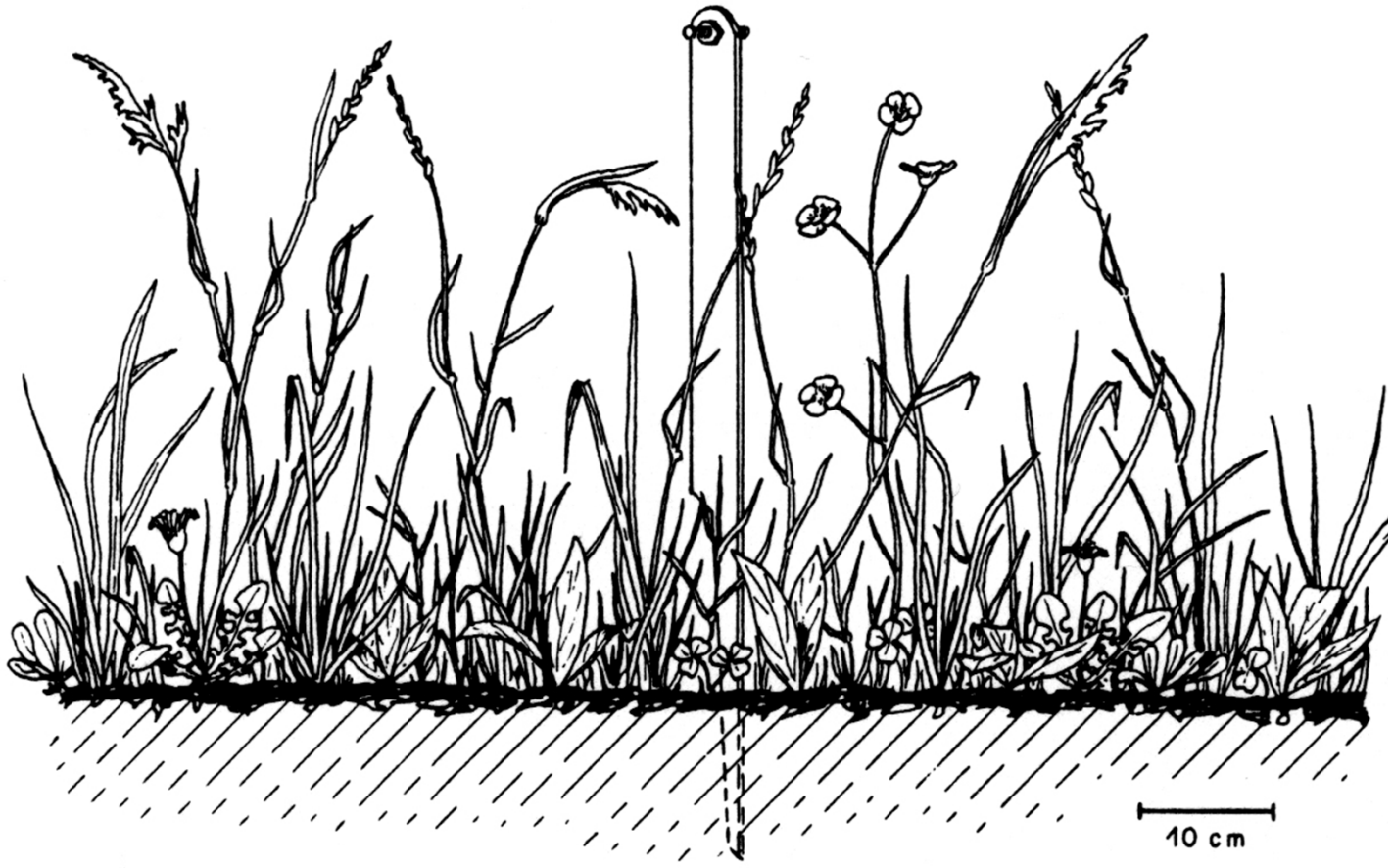


figure IV.16 - La baïonnette (extrait de Daget & Poissonet, 1971)

4.4- Un problème commun à toutes les méthodes utilisant des aiguilles

Les aiguilles utilisées dans les observations de points-quadrats sont parfois très minces, mais elles peuvent aussi avoir une épaisseur non négligeable. Or deux façons de faire les lectures sont possibles :

1 - Dans la première, l'aiguille est descendue jusqu'au sol et ensuite, mais ensuite seulement, l'observateur note la nature des espèces dont un organe aérien au moins touche l'aiguille, sans se préoccuper de l'emplacement du contact sur la circonférence ;

2 - Dans la seconde, l'aiguille, très acérée, est descendue lentement dans la végétation et l'observateur note la nature des organes aériens que touche la pointe, écarte l'objet et poursuit la descente jusqu'à l'organe suivant, et ainsi de suite jusqu'à la surface du sol.

Il apparaît d'évidence que cette seconde approche est plus longue ; elle est aussi plus précise. En effet, la première surestime de façon parfois très importante les surfaces étudiées ; elle revient à augmenter la surface de chaque feuille d'une frange dont la largeur est égale au diamètre de l'aiguille. C'est peu de chose pour des rosettes à larges feuilles entières comme *Gentiana lutea*, *Plantago major* ou *Veratrum album*, mais c'est considérable pour les plantes à feuilles sétacées comme *Deschampsia flexuosa* ou *Nardus stricta* et plus encore pour celles qui ont des feuilles acuminées : *Plantago albicans, Meum athamantica*. Il est difficile de retenir une directrice du cylindre que constitue l'aiguille pour limiter ce biais, sauf à découper l'aiguille, d'où le système de la baïonnette.

Parfois, pour l'analyse de végétations un peu hautes, il est impossible de faire autrement que d'utiliser des aiguilles un peu fortes, car il faut qu'elles soient longues et ne plient pas. C'est le cas en savane et dans les formations ligneuses basses de plus de 50 cm .

44.1 - Points-quadrats optiques

Pour s'affranchir du problème de l'aiguille des méthodes ont été proposées pour les remplacer par des lignes de visée ; c'était déjà le cas de la méthode du double-mètre, mais il y en a plusieurs autres nettement plus élaborées.

441.1 - Crosswire sighting tube

Le crosswire sighting tube est le plus simple de ces appareils ; il est constitué par un tube de cuivre long de 8' (20 cm) et d'un diamètre de 1' (25 mm) ; à ses extrémités, des croisées de fils fins sont fixées à l'aide de bagues. Le tube est relié à une poignée par une suspension à la Cardan (ou à cardan) qui lui permet de conserver une position verticale quelque soit la position de la main de l'observateur (figure IV.17).

Les points d'observation peuvent être localisés de la même manière que lorsque l'on utilise d'autres types de prise, en ligne ou réparties dans la station. Les inventeurs soulignent que ce système est influencé par le vent et qu'il faut regarder la présence de l'espèce juste au moment où les deux croisées de fil sont ensemble dans l'alignement de

Figure IV.17- Le crosswire sighting tube de Winkworth & Goodall
(extrait de Daget, 1971)

l'oeil, sans attendre la stabilisation complète. Le poignet de la main qui tient la poignée est appuyé sur la hanche, cela donne plus de stabilité ; mais pour des observations précises, le système peut être monté sur un pied tripode. Cet appareil réduit de manière très appréciable la taille de l'unité par rapport à certaines aiguilles et aux surfaces ; mais, et ses inventeurs la soulignaient déjà, son emploi est rapidement fatiguant en raison de la mobilité du cardan. Il reste toutefois limité à la caractérisation du toit de la végétation, ce qui le rend efficace en pâturage ouverts (régions arides) mais en réduit beaucoup l'intérêt dans les végétations très stratifiées. L'avantage souligné disparaît pratiquement lorsque c'est à partir de la pointe seule de l'aiguille que sont faites les observations. Il reste que c'est un système léger, robuste et peu encombrant.

441.2 - Focal-point technique

Cette technique est une modification de la précédente destinée à assurer surtout la stabilité des lignes de visée. Le tube est remplacé par l'appareil optique d'une lunette de nivellement fixé perpendiculairement à l'extrémité d'un tube d'aluminium, lui-même solidaire d'un disque de bois de 20' (51 cm) de diamètre. Ce disque comporte une échancrure et se meut autour de son axe au-dessus d'un autre disque comportant des graduations de 1 à 100. L'ensemble est monté sur un tripode de planchette d'arpenteur (figure IV.18).

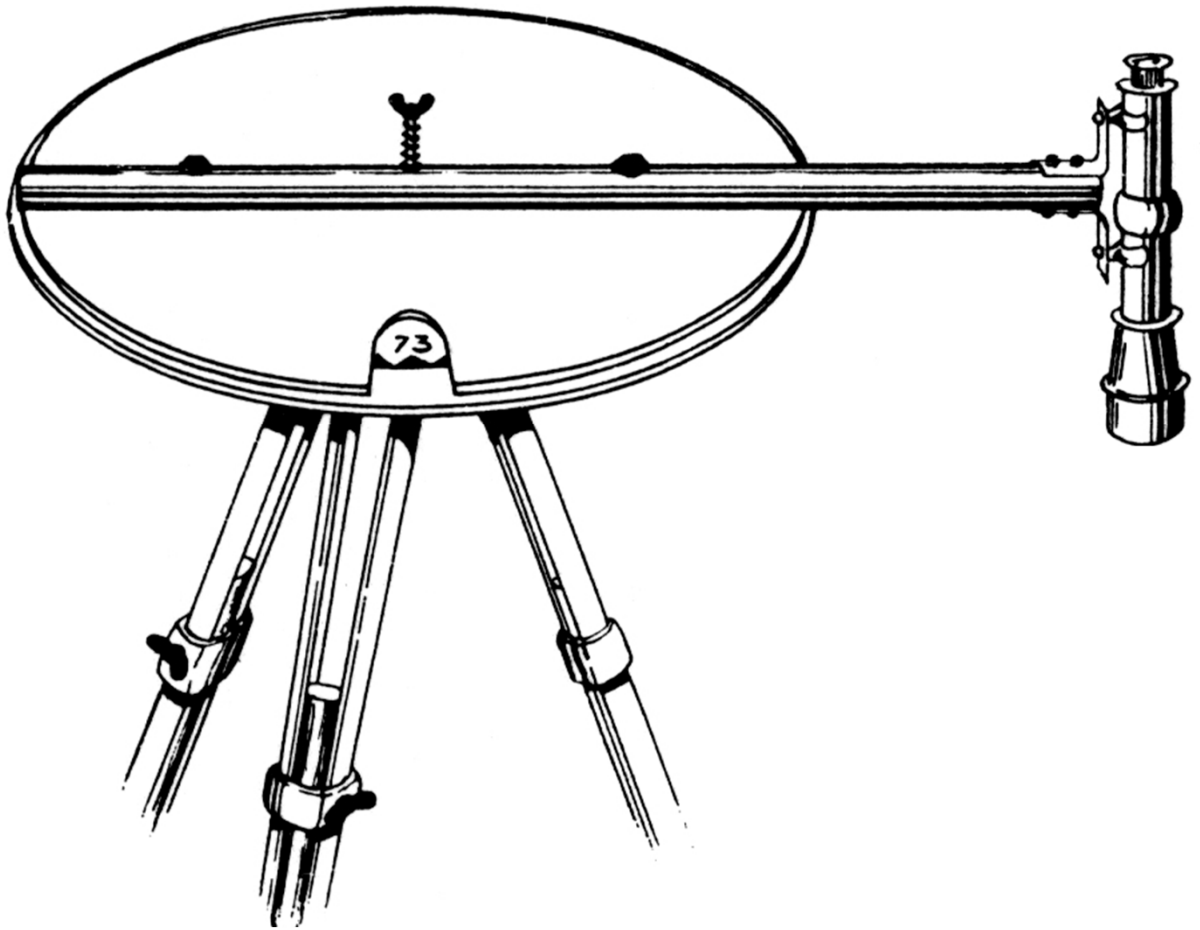


figure IV.18 - La focal point technique de Burzaleff
(extrait de Daget, 1971)

Cet appareil permet de tirer au hasard "les 10 points d'observation classiques" et l'auteur recommande de procéder à de tels tirages dans plusieurs emplacements de la parcelle étudiée ; la répartition des emplacements retenus est à définir selon les règles usuelles. Cet appareil est très stable mais n'est pas utilisable les jours de grand vent (parce que c'est la végétation qui n'est pas stable). Ce système a l'inconvénient d'être peu maniable et d'entraîner rapidement le fatigue de son utilisateur ; on perd ainsi les avantages de la mobilité du tube précédent pour gagner une stabilité et une précision qui paraît un peu illusoire.

441.3 - La lunette de Morrison

Ici l'appareil optique est constitué par une lunette de visée pour les fusils de précision munie d'un prisme à 45 . La lunette est montée sur un curseur muni de 3 patins en téflon pour assurer un glissement doux et d'une vis de blocage. Ce curseur est mobile le long d'une poutrelle de duralumin de 2'x2'(5 cm) de côté et de 10 pieds (3 m) de long ; elle est munie de 2 pieds télescopiques à chaque extrémités (figure IV.19).

Pour faire les observations, on règle les pieds de façon à ce qu'on n'ait pas à se pencher pour viser et à ce que la poutrelle soit horizontale; l'emploi de l'appareil n'entraîne donc pas de fatigue importante. Par ailleurs, la lunette a un grossissement notable ce qui facilite la détermination des végétaux et rend les observations plus précises. Enfin, l'observation des frondaisons des arbres se fait facilement en retournant le prisme vers le haut.

figure IV.19 - La lunette de Morrison (extrait de Daget, 1971)

On notera que si les observations sont plus faciles à faire qu'avec la méthode précédente et plus rigoureuses qu'avec le tube, l'appareillage est aussi beaucoup plus coûteux, plus lourd et encombrant. De plus, comme dans les deux cas précédents, les observations ne portent que sur le toit de la végétation. L'observateur, debout, ne peut écarter les feuilles à mesure qu'il les détermine car elles sont trop loin de sa main ; il ne peut se faire aider car son collaborateur ne voit pas la ligne de visée et ne pourrait intervenir que maladroitement.

44.2 - Caractérisation des végétations herbacées très hautes

Lorsque le tapis végétal dépasse le mètre, et surtout les 2 mètres, les végétations sont dites hautes ou très hautes, ce qui est fréquent en savanes, mais se rencontre aussi dans les roselières et les peuplements *d'Arundo donax*. Dans ces végétations, les diverses méthodes d'échantillonnage par point qui viennent d'être décrites sont pratiquement inapplicables. L'emploi du quadrat en U décrit plus haut devra leur être substitué.

4.5 - Adaptations des méthodes précédentes aux formations ligneuses

45.1 - En végétation ligneuse basse

451.1 – Cas des végétations ouvertes

4511.1 – La canne à bulle

Pour l'analyse de la végétation semi-ligneuse des sous-bois une adaptation de la canne pointue a été proposée. Elles consiste en une tige d'environ 120 cm munie, à sa partie supérieure d'un niveau sphérique à bulle. L'observateur introduit cette "canne" dans la végétation, de haut en bas et avec précaution ; le niveau lui permet d'en contrôler la verticalité. Il note ensuite la nature des espèces entrant en contact avec la canne, soit avec son extrémité soit avec son pourtour, jusqu'en haut. Il doit ainsi faire cent stations régulièrement disposées. Elles sont nettement plus espacées que les points-quadrats "standards" en zone ouverte.

4511.2 – La jauge de Cooper

La mesure de la densité des arbustes dans une formation mixte ou la strate ligneuse basse est un tant soit peu ouverte, ou celle des touffes d'alfa dans une steppe ouverte peut être beaucoup accélérée en utilisant la jauge de Cooper (figure IV.20).

Le principe de cet appareil est basé sur ce que les phytoécologues américains appellent le **Variable Plot Method** qui est une application des travaux du forestier autrichien *Bitterlich*. Cette jauge est constituée d'un bras de bois dur de 75 cm de long et deux pièces métalliques qui peuvent être faites à partir des fournitures de n'importe quelle quincaillerie. Il faut deux morceaux de cornière de 3 cm de côté ; un trou de 2.5 mm est percé au centre du plus petit qui constitue l'oculaire ; la dimension de la traverse est de 10,75 cm

L'observateur porte l'appareil à son œil et vise successivement toutes les touffes visibles de son emplacement en tournant autour de lui-même. S'il voit dans le viseur la touffe, ou la houppier du buisson, plus large que la traverse, il compte un point ; s'il la voit moins large, il la néglige (figure IV.21). Il faut 10 ou 12 point d'échantillonnage dans une station un peu vaste et homogène. On additionne alors le nombre de points obtenus et on divise par 2 ; le résultat est le recouvrement des touffes en pourcentage.

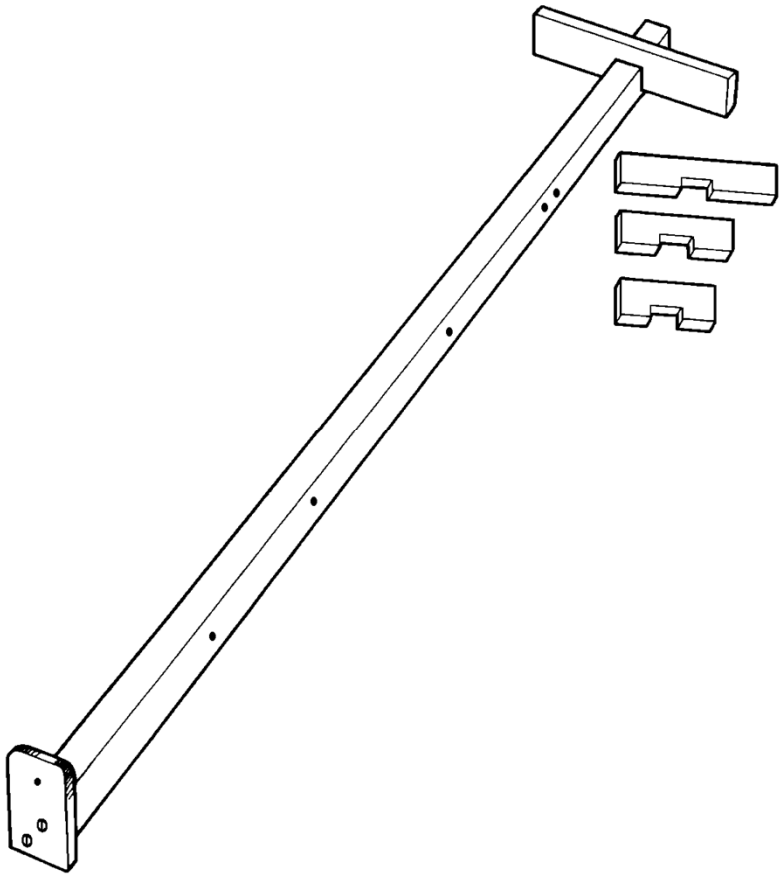


figure IV.20 - La jauge de visée de Cooper (redessinée d'après Fisser, 1961)

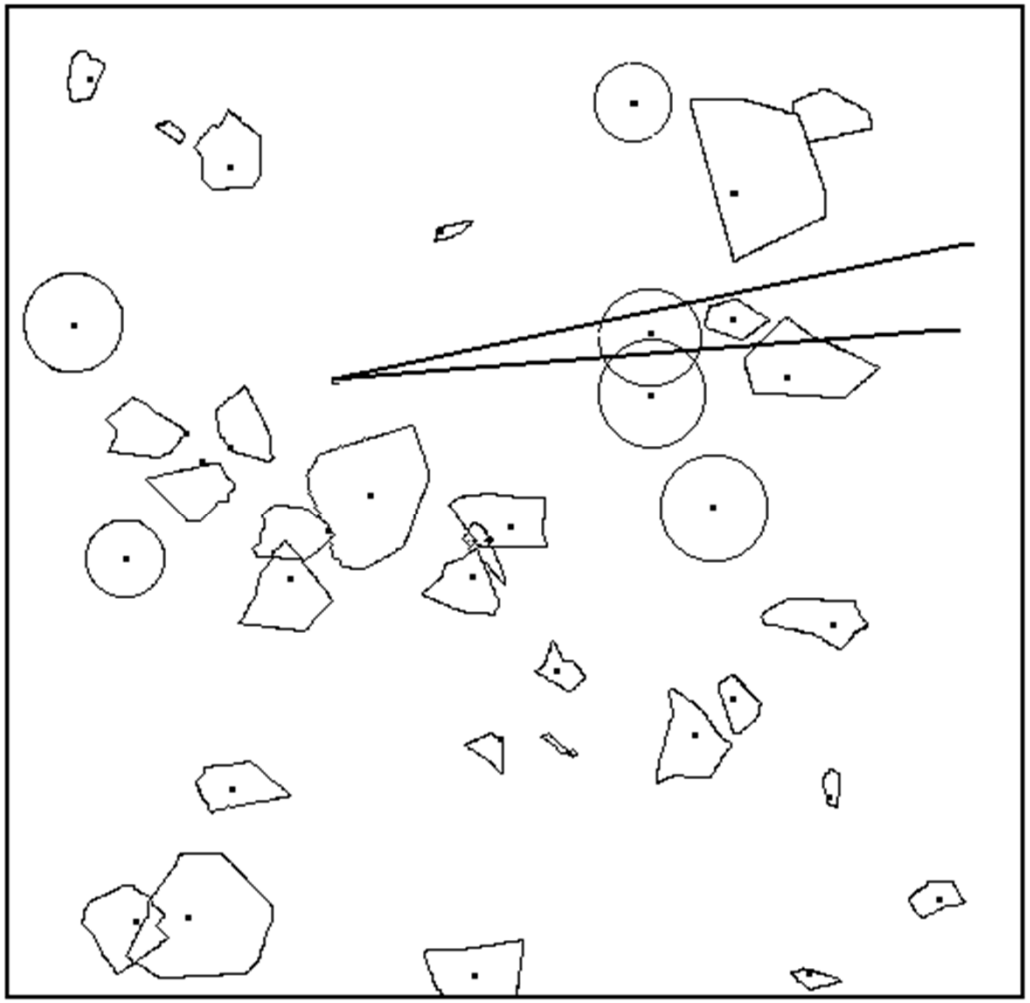


figure IV.21 - Observations à la jauge de Cooper

Dans une formation à *Larrea tridentata* de l'Arizona, Cooper a noté en 12 emplacements les nombres de points suivants :

22 21 27 49 27 23 29 40 38 29 40 29

soit un total de 374 et une moyenne de 31.17 qui divisée par 2 donne un couvert de 15.6%.

Cette méthode est encore simplifiée en retenant systématiquement 10 emplacement par station ; le total des points est alors simplement divisé par 20 pour avoir le recouvrement. Dans le cas précédent, à partir des 10 premiers emplacements le total est de 305 qui divisé par 20 donne 15.25%, valeur un peu plus faible que la précédente, mais pas significativement. D'un emploi simple et rapide, elle est particulièrement adaptée à la caractérisation des végétations en touffes, les landes ouvertes et la caractérisation de la fraction ligneuse des steppes et des savanes arborées.

Les résultats obtenus, parfaitement reproductibles, sont très fiables pour des recouvrements variant de 0.05% (soit 1/20) jusqu'à une limite empirique de 35% au-delà de laquelle les touffes à analyser se masquent les unes les autres.

451.2 – Cas des formations ligneuses basses et très denses

Quand ces formations sont très basses les méthodes utilisées en formations herbacées s'appliquent sans beaucoup de problèmes. Mais lorsque la hauteur dépasse quelques décimètres et qu'il est nécessaire de ménager la végétation (par exemple pour des expérimentations sur plusieurs années), on est conduit à édifier un pont au dessus de la parcelle à étudier. L'observateur se place sur le pont et examine, avec des aiguilles, la végétation qui est en dessous de lui pendant qu'un aide enregistre les résultats qui lui sont dictés (figure IV.22).

figure IV.22 - Un pont au dessus de la végétation ligneuse de *Quercus coccifera* de garrigue

451.3- En végétation ligneuse haute

Pour noter le recouvrement des arbres, de nombreuses méthodes ont été proposées; leur description relève plutôt des manuels de foresterie. Nous ne verrons que quelques cas ici, utilisables par le pastoraliste qui se préoccupe de pâturage sous forêt. En premier lieu, une adaptation du "crosswire tube" suggère de placer à la base du tube un miroir incliné à 45°. Les observations se faisant en tenant l'appareil en hauteur, le miroir à hauteur des yeux . On voit donc facilement le croisement des fils et s'il correspond à la présence d'un élément du houppier. Le renouvellement, cent fois, de l'observation donne immédiatement le recouvrement des arbres. En pratique, il est très difficile d'obtenir l'immobilisation relative du tube et le bras de l'observateur fatigue très rapidement. Ces difficultés tendent à rendre la méthode peu efficace aussi a-t-elle été avantageusement remplacée par le viseur de houppier ou boîte de Hamidou. Il s'agit d'une boîte de bois de 10 cm de côté posée sur un socle muni d'un niveau sphérique à bulle. Le couvercle de cette boîte est remplace par un croisement de fils ; un miroir à 45° est placé au fond en face d'une ouverture (figure IV.23)

L'observateur place la boîte sur un pied à la hauteur de son œil, règle l'horizontalité de la base et vise par la fenêtre la voûte ligneuse. Il note une présence lorsqu'un élément se trouve sur le croisillon.

Ensuite l'extrémité de la projection du houppier sur le sol est repérée sur chaque ligne, toujours avec la boîte de Hamidou. Cela donne 8 mesures de longueur entre le pied de l'arbre et le points repéré. La surface de la projection du houppier est donné par la relation ci-dessous.

$$S = \frac{\pi}{8} \sum_{8} l^2$$

Bien entendu si ***l*** est en centimètres, la surface ***S*** est en centimètres-carrés

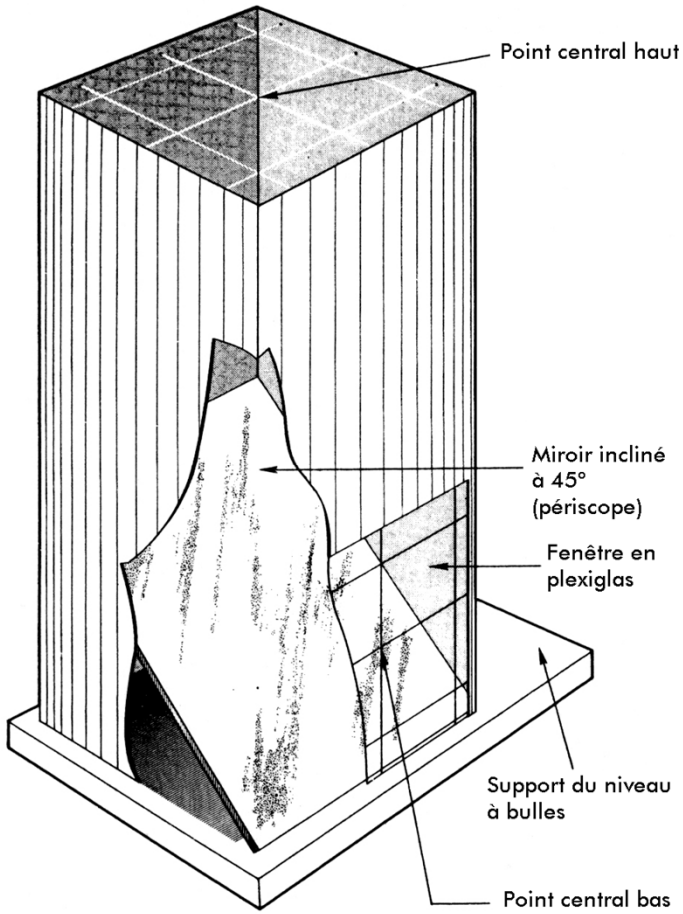


figure IV.23 - Viseur de houppier (extrait de Hamidou, 1987)

Le recouvrement des ligneux hauts dans un pâturage peut être mesuré de deux manières différentes.

1 - Végétation analysée avec une ligne : Pour avoir une bonne représentation du recouvrement des ligneux dans la pâturage, la ligne doit être suffisamment longue. L'utilisation de la boîte d'Hamidou (décrite Chapitre 4, figure IV-23) permet de repérer le début et la fin de la projection du houppier de chacun des arbres sur la ligne. Cela donne, pour chaque essence une série de segments et le recouvrement de l'espèce est obtenu en rapportant la sonne des longueurs de ces segments à celle de la ligne. Il peut être difficile de tirer une ligne droite dans la végétation lorsque les ligneux sont assez nombreux cela peut conduire à utiliser la seconde méthode.

2 - Calcul direct de la projection de chaque arbre : Le calcul de l'aire de la projection du houppier doit être fait pourchacun des arbres de l'aire représentative. Pour cela on trace à partir du pied de l'arbre une série de 8 lignes en étoile formant un ensemble d'angles de 45°. Il est recommandé de faire en sorte que l'une d'elles soit orientée vers le Nord.

45.2 - Stratification

Souvent, ce n'est pas tant la projection verticale des arbres qui est importante pour la végétation pâturable qui est en sous-strate, mais le **couvert angulaire**, c'est-à-dire la portion de la voûte céleste qui est occultée par les houppiers. La différence peut être très importante en bordure du boisement ou au pied d'une falaise. Ce type de couvert est souvent analysé par des photographies hémisphériques par les forestiers ; en ce qui concerne le pastoraliste, pour lequel il ne s'agit généralement pas d'un problème quotidien, cela correspond à un investissement coûteux (le prix de l'objectif "œil de poisson" nécessaire dépasse 1500FF en 1995) ; au prix d'une perte dans la résolution et dans la qualité de l'image, il est possible de procéder très simplement en plaçant un appareil de photographique ordinaire l'objectif vers le haut recouvert d'un judas optique (que l'on trouve dans toute les quincailleries pour 8 E).

Le **stratiscope**, au moins dans sa première version, est aussi un appareil simple et facilement utilisable. Il consiste en une boîte de bois parallélépipédique munie d'une ouverture dans la partie inférieure d'un des côtés (figure IV.25). Un miroir à 45 est placé dans la boîte en face de l'ouverture. Le couvercle est remplacé par une tirette comportant 4 lentilles de -.30, - 8, - 2 et + 1 dioptries qui peuvent être placées successivement au dessus du miroir. Compte tenu de la distance de mise au point et de la profondeur de champ des lentilles, le changement d'objectif permet de voir nettement le végétation d’abord entre 1 et 4

Figure IV.25 – Le premier stratiscope (Photo J. Blondel)

mètres, puis entre 4 et 8 m pour le seconde, entre 8 et 16 m pour la troisième et au delà de 16 m pour la dernière ; on a ainsi la possibilité de répartir les recouvrements du houppier par strates, d'où le nom de l'appareil. Un relevé de stratification comportant 50 sites peut être fait en une heure dans un milieu forestier relativement complexe.

Ce stratiscope, de conception et de réalisation relativement simples a été remplacé par un appareil obtenu en modifiant un téléobjectif de 150 mm qui donne des images plus nettes et plus précises du contenu des strates observées permettant la détermination des constituants dans les forêts tempérées ou des régions sahéliennes (figure IV.26). Celles des régions équatoriales sont trop complexes pour que l'emploi du stratiscope soit envisageable, du moins tant qu'elles n'ont pas été transformées en agro-forêts.

45.3 - Biovolume

Le pastoraliste est plus intéressé par les strates ligneuses basses (moins de 2 m) ou par les plus basses des strates hautes (2 à 4 m). Ces strates contiennent la végétation ligneuse que peuvent atteindre les troupeaux ou les hardes d'herbivores dans les réserves (cerfs, etc.) Les girafes, en raison de leur taille, et les éléphants, parce qu'ils peuvent faire tomber les arbres, constituent des cas à part. On s'efforce d'apprécier les biovolumes notamment par les techniques des placeaux et celles des enveloppes.

figure IV.26 – Le second strtaiscope (Photo J. Blondel)

453.1 - Placeaux

Pour cette appréciation, une adaptation des placeaux (paragraphe 352.1) a été proposée. Elle consiste en trois éléments emboîtés selon les 3 arêtes d'un dièdre droit ; on peut les graduer par des segments colorés de 10 cm, par exemple alternativement rouge et blanc (figure IV.27). Le trièdre est introduit dans la végétation, puis l'observateur estime la proportion du volume du prisme droit 1x1x4 m, dont un angle et la base sont matérialisés par le trièdre, occupée par de la végétation, que la plante soit enracinée dans ou hors du prisme. Il est aisé de procéder par strate, en particulier en séparant les observations en dessous et au dessus de 2m. La construction du trièdre en PVC ne coûte pas cher, de plus, il peut être "bricolé" n'importe où avec des éléments de bois. L'appréciation ne porte pas sur le volume réel du matériel végétal tel qu'il serait obtenu dans un densitomètre, mais sur le volume de l'enveloppe des houppiers des arbustes constituée par un solide géométrique simple.

Il faut naturellement renouveler l'opération un nombre de fois suffisant (de l'ordre de 50) ; il en résulte que l'analyse d'une station est assez longue. Il faudrait une comparaison précise pour savoir si l'emploi de la jauge de Cooper (voir paragraphe 3.6.2) pour les 4 strates (0-50, 50-100 cm; 1-2, 2-4 m) demanderait plus ou moins de temps et ne donnerait pas des résultats aussi bons tout en étant moins longue à mettre en oeuvre.

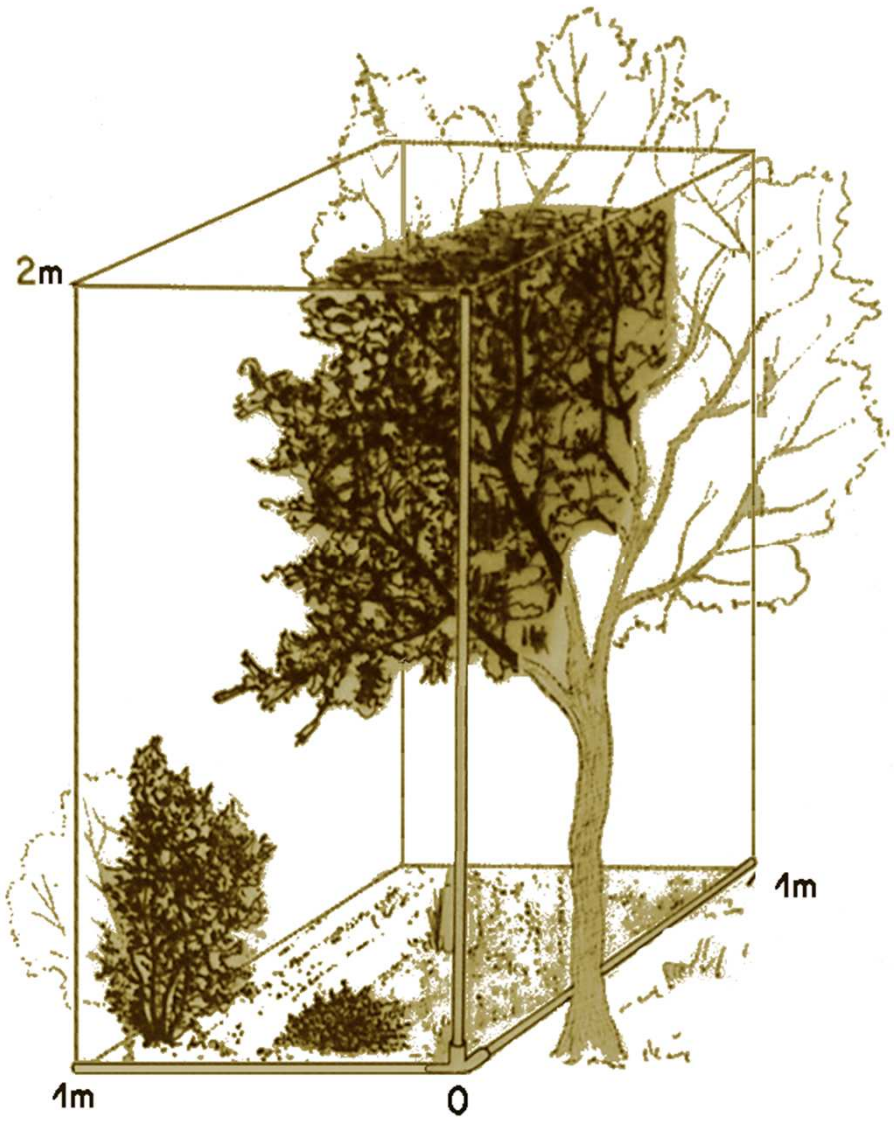


Figure IV.27 – Positionnement du trièdre dans une végétation

453.2 - Enveloppes géométriques

L'appréciation du volume de la végétation par référence à des enveloppes géométriques est une autre utilisation de la méthode analysée au paragraphe 3.3.2 relatif à la caractérisation visuelle de l'encombrement de la végétation.

453.3 - Alométrie

Une grande partie des travaux sur la détermination de la biomasse foliaire des arbres fourragers implique des relations d'alométrie appuyées sur les dimensions de la plante. Ces relations permettent une évaluation non destructrice du disponible fourrager.

Les grandeurs à mesurer sur les arbres sont les suivantes (figure IV.28) :

1 - les deux diamètres orthogonaux du houppier dont la section est assimilée à une ellipse, et ceci :

a - à 1,5 m de hauteur

b - à la hauteur de l'extension maximale

c - à mi-hauteur

d - à la base du houppier

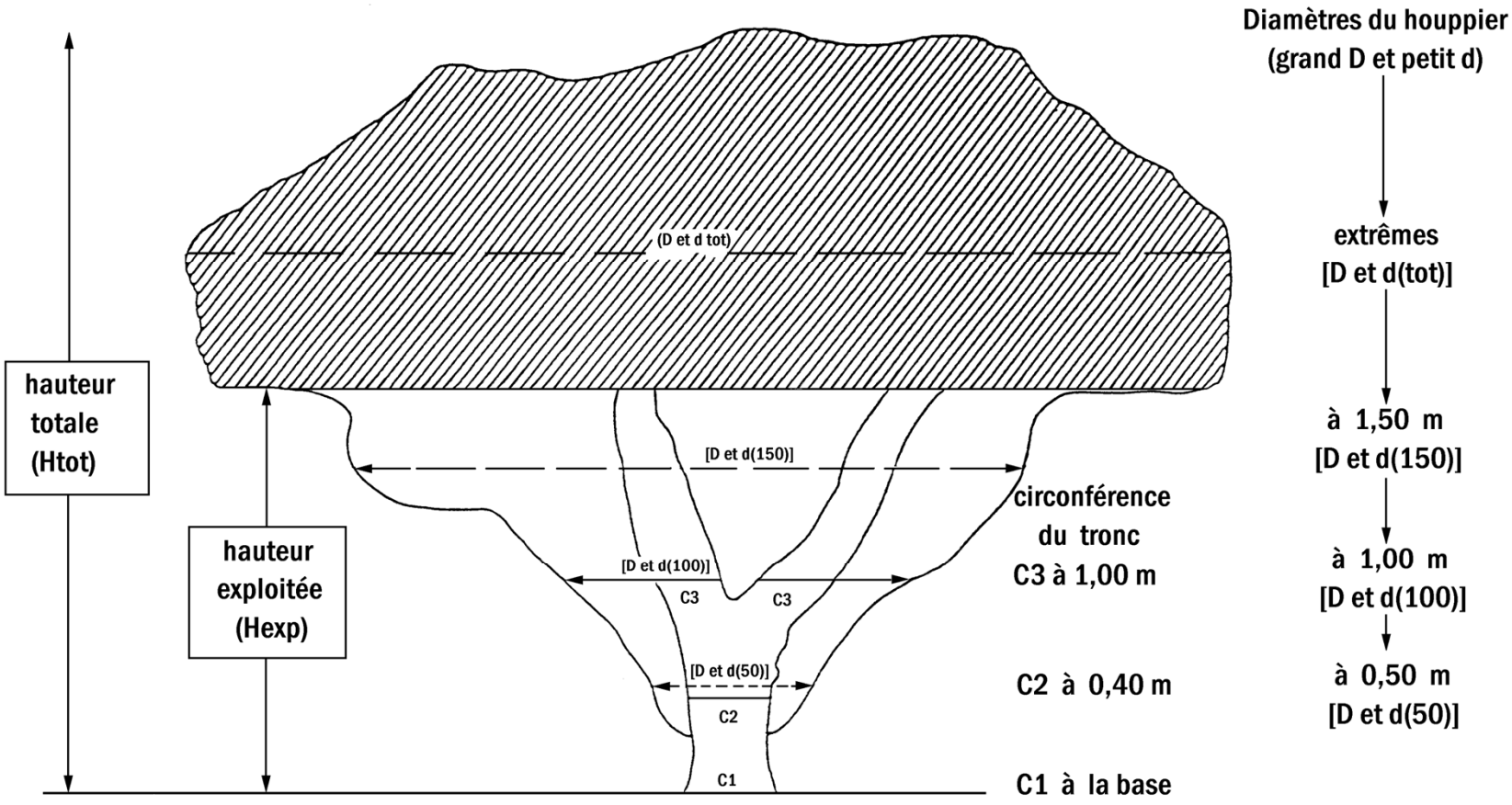


figure IV.28 - Emplacement des grandeurs à mesurer pour établir des relations d'alométrie entre la production de feuillage et la structure des arbres fourragers (d'après Guérin, 1995)

2 - la hauteur totale de l'arbre ou hauteur de la cime : H

3 - la hauteur de la base du houppier

4 - le diamètre du tronc à la base : D

5 - la circonférence du tronc à cm du sol : C

4.6 - Méthodes particulières

Il s'agit ici de deux méthodes d'échantillonnage qui ne matérialisent aucune placette sur le terrain ; il faut déterminer des emplacements d'observation. Ceci fait les observations sont faites sans se préoccuper de matérialiser même virtuellement les limites de l'aire observée.

46.1 - Méthode des distances

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

461.1 – Principes

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

1. mesure de la distance entre chaque point et l'individu le plus proche de chaque espèce ; c'est la méthode du plus proche individu, dite **méthode PPI** ;

2. mesure de la distance entre cet individu et celui qui en est le plus proche ;

3. mesure des distances entre le point et les 4 individus de chaque espèce qui en sont les plus proches dans les 4 quadrants NS/EW ; c'est la méthode des quadrats centrés sur point, dite **méthode QCP**.

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

$$d = \frac{1}{4} \times \frac{1}{m^2}$$

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

$$d = \frac{1}{m^2}$$

461.2 - Réalisation pratique

La détermination des centres de mesures répartis au hasard est délicate si l'on veut éviter tout biais. Cela requiert la matériel suivant, emprunté aux arpenteurs : un double décamètre, quelques jalons (au moins 6), des fiches (au moins 2) et une équerre optique ; 3 jalons **A, B** et **C** (figure IV.29) serviront à matérialiser les bases des mesures, les fiches **F** et **G** repèrent l'abscisse et l'ordonnée du point à repérer. Ces deux grandeurs sont prises dans une table de nombre au hasard ou tirés avec un logiciel fiable. Un premier observateur se plaçant à l'aplomb de **F** muni de l'équerre optique guide un second observateur pour placer un jalon en D sur la perpendiculaire en **F** à **AB** ; le jalon **E** sera placé de la même manière sur la perpendiculaire en **G** à **AC**. L'intersection de ces deux perpendiculaires, qui sera déterminées avec l'équerre optique, défini le point cherché ! Il en faut comme cela une trentaine. La méthode du tourniquet (voir paragraphe 351.4) peut être employée ; elle est plus simple et n'a pas, ici, les inconvénients qui lui ont été reconnus plus haut puisqu'il ne s'agit que de localiser des points. Les points repérés, il suffit d'effectuer les mesures indiquées plus haut... pour chaque espèce.

La détermination des centres sera un peu facilitée par l'emploi d'une grille de localisation comme celle de la figure IV.30 mais pour qu'un échantillonnage soit pleinement aléatoire, il faut que chaque emplacement de la parcelle ait les mêmes chances d'être sélectionné, donc une telle grille ne peut servir de manière systématique ; il en faut plusieurs et un tirage aléatoire détermine celle qui est retenue et la retourner .

figure IV.29 - Mise en place d’un double mètre dans la végétation d’un pâturage

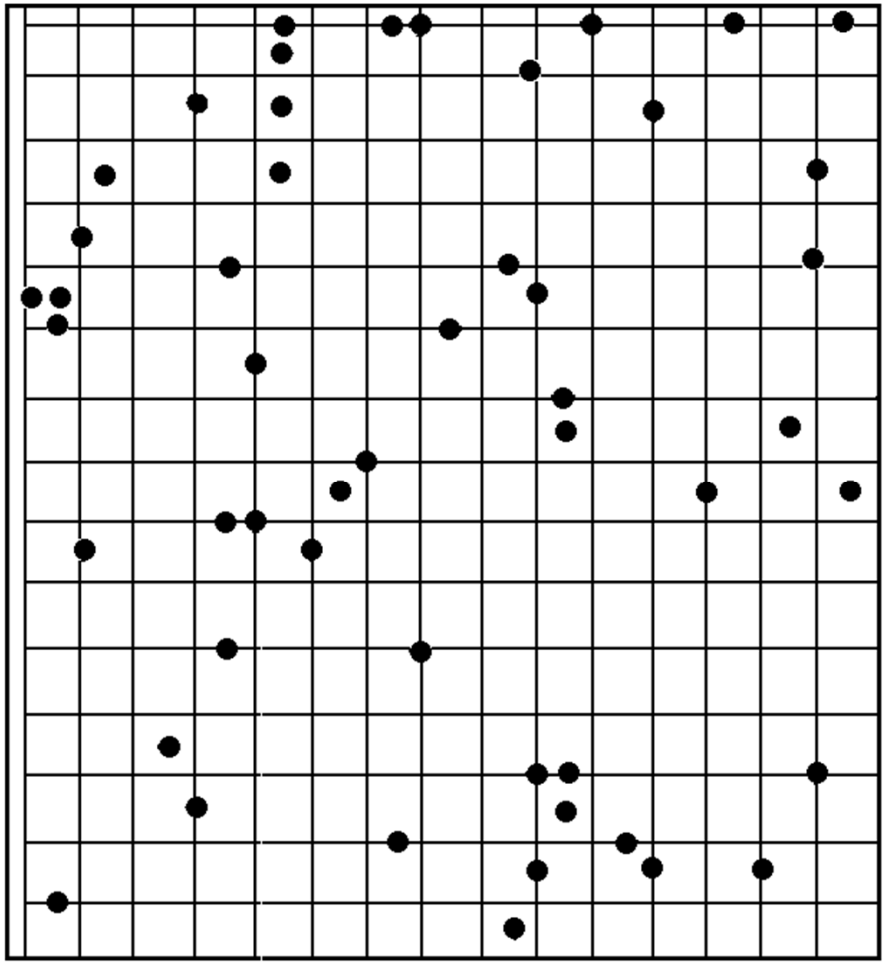


figure IV.30– Une grille de répartition de points aléatoires dans le plan

461.3 - Une méthode dérivée : la méthode des centres alignés

Un inconvénient important de la méthode précédente est sa lourdeur, due, pour une part importante, à la difficulté de localiser les points de base avec rigueur. C'est la raison qui a conduit à la méthode des centres alignés. Elle consiste à disposer régulièrement les points de base le long d'une ligne qui traverse la station. Sa longueur, donc la distance entre les points, dépendra des dimensions de la station et de celle des objets à analyser ; il suffira de quelques dizaines de mètres pour caractériser la répartition des *Gentiana lutea* dans une pâture de montagne européenne, mais il faudra un kilomètre pour celle des *Acacia raddiana* dans la région sahélienne.

461.4 - Problème posé par ces méthodes

En fait, si les mesures de distance sont très séduisantes, car elles évitent de déterminer une surface sur le terrain et donc coupent court aux discussions bysantines sur la forme et les dimensions optimales à lui donner, la réalisation pratique sur le terrain est très lourde, et suppose un terrain relativement plat. Les formules qui donnent la densité des pieds de l'espèce analysée, c'est-à-dire leur nombre moyen par unité de surface, supposent que ces individus soient répartis "au hasard" dans la station (en d'autres termes, que leur répartition spatiale suivent le modèle uniforme). Cette hypothèse fondamentale est souvent oubliée et cela explique les écarts parfois très importants entre la densité "vraie" et celle que ces méthodes permettent de calculer.

En effet, la végétation naturelle est dans une très large mesure, répartie par taches ; c'est du à la fréquence des reproductions végétatives (marcotage, stolon, bulbille...) et à la barochorie (mode de transport des migrules (fruits, graines, spores...) par la gravité ; les plants poussent là où elles sont tombées ou ont roulé.

46.2 - Méthode des distances orthogonales

462.1 - Principes

La méthode des distances orthogonales, dite **méthode MDO** est dérivée de la précédente. Elle consiste à mesurer perpendiculairement à la ligne la distance qui sépare chaque point de l'individu qui en est le plus proche. Avant tout, il est nécessaire de matérialiser sur le terrain une "base" de longueur **L** (en général L = 1 000 m, mais ce n'est pas indispensable). Il faut ensuite fixer le nombre n de points de mesure sur la base (n = 40 est commode). L'étape suivante consiste à mesurer au droit de chaque point la distance qui sépare la base du pied de la tige la plus proche soit d'un côté soit de l'autre (figure 4.24). Enfin, toutes les distances **Z** supérieures à un seuil **W** fixé à priori (il est commode de prendre W = 65 m) sont éliminées ; on ajoute des observations de manière à ce qu'il y en ait exactement n. Les calculs se font donc sur une distribution tronquée des **Z(j).**

462.2 - Mode de mesure des distances dans la méthode MDO

De telles observations sont grandement facilitées par l'emploi d'un matériel d'arpenteur ou de géomètre : jalons colorés, viseurs, équerres d'arpenteur, rouleaux de fils et hectomètre à ruban... Mais, on pourra suppléer les viseurs et l'équerre par la "boite de visée" déjà présentée (figure IV.31).

On matérialise en premier lieu la "base" c'est-à-dire une ligne droite de longueur **L** par **N** jalons alignés au moyen de la "boîte de visée". Compte tenu des valeurs recommandées pour **L** et **N**, on alignera 40 jalons séparés de 33 pas ; en effet, 33 pas de 0,75 m font 25 m, cet espace reproduit 40 fois donne une longueur de 1 000 m. Ceci fait, la "boîte de visée" est positionnée à l'emplacement de chaque jalon pour déterminer l'individu la plus proche dans la visée perpendiculaire à la base. Pour cela il faut viser le tronc des arbres (ou des palmiers) ou la souche des ligneux multicaules successivement d'un côté puis de l'autre et ne retenir que la plus faible des deux distances. Il est clair qu'il est nécessaire de travailler à deux pour aboutir à un résultat. Les opérations sont assez longues, mais moins que le dénombrement total du contenu d'un hectare de densité appréciable.

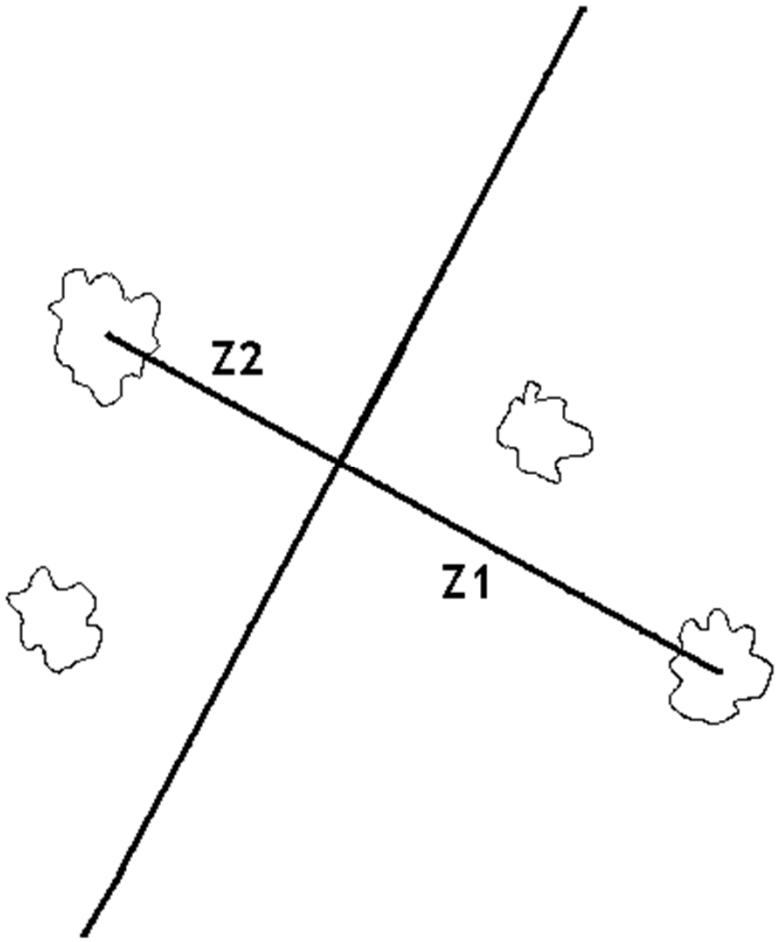


figure IV.31 - Mesure des distance dans la méthode MDO
(d'après Daget & Ickowicz, 2000)

46.3- Méthodes électroniques

463.1 - Herbomètre

L'**herbomètre** (Nom correspondant à l'anglais Herbometer®) a été imaginé pour estimer la production de végétations cultivées, mais des comparaisons ont montré que c'était aussi efficace pour estimer la quantité de matière sur pied dans les végétations spontanées, même dans les alpages. Les meilleures observations obtenues sont faites en période de grande activité physiologique ; l'état phénologique de la végétation joue un rôle important sur la fiabilité des résultats, surtout dans les végétations annuelles.

C'est donc sur la végétation verte, la plus riche en eau, qu'il faut de préférence faire les mesures. La présence de litière au sol, ou d'organes secs sur pieds, celle d'éléments ligneux entraînent une plus grande dispersion des résultats ; il faut alors des échantillons plus grands et plus de coupes de contrôle. La diversité floristique pose des problèmes analogues et exige les mêmes précautions.

463.2 - Biomètre

Comme l'appareil précédent, le **biomètre** (Nom correspondant à l'américain Biometer®) est un instrument portatif permettant d'évaluer la quantité d'herbe sur pied dans le gazon d'un pâturage, sans avoir besoin de la couper. Il comporte au moins dans le modèle

décrit par Pearson et Milles du Grassland biome (USPBI) (un radiomètre Tektronics (J-16 digital), un calculateur de poche HP-35 et une interface de liaison. Le radiomètre a été modifié pour brancher une seconde sonde. Chaque sonde est filtrée de manière à ne laisser passer qu'une bande étroite (0.8 ± 0.025 m dans l'une et 0.675 ± 0.025 m pour l'autre) et disposées pour être sensibles à 1/4 de m 2 à 1.25 m (4 pieds). Ces sondes produisent un courant proportionnel à l'intensité du rayonnement qu'elles reçoivent de la part de la végétation ; ces courants sont codés et traités par le calculateur qui les compare et produit un indice de reflectance. Des essais concrets ont mis en évidence d'excellentes corrélations entre cet indice et la biomasse verte sur pied (+0.98).

Cependant, les paramètres des régressions correspondantes dépendent des situations concrètes ; il faut donc caler le biomètre par un double échantillonnage sur quelques emplacements.

D'autres appareils ont été proposés ; tous ont les mêmes avantages et inconvénients que le biomètre : Les résultats sont meilleurs sur les formations riches en graminées que sur celles qui en contiennent peu ; les observations sont rapides ; l'appareil est "peu" coûteux ;mais, d'autre part; il faut renouveler l'échantillonnage pour chaque type de végétation et pour chaque phénophase ; la végétation doit être verte ; les résultats sont d'autant plus imprécis qu'elle est plus sèche ; l'imprécision croît avec le degré d'ouverture de la végétation. Notons que ces inconvénients sont communs à toutes les méthodes non destructives.

46.4 - Le LAI-2000 : un analyseur de la voûte foliaire

Le **LAI-2000** © est un appareil électronique qui permet une mesure directe et non destructive de l'indice foliaire et, par extension, de la biomasse d'une végétation. Des mesures faites au dessous et au dessus de la voûte foliaire permet de déterminer l'interception de la lumière par le feuillage suivant 5 angles d'incidence ; l'indice foliaire est calculé en utilisant un modèle de transfert de rayonnement.

464.1 - Description de l'appareil

L'appareil (figure IV.32) comporte un objectif et une unité centrale reliées par un cordon électrique.

Le cœur du LAI-2000 est la conception originale de son objectif. Il utilise une lentille fish-eye avec un champ de vision hémisphérique qui projette le rayonnement sur un détecteur constitué de 5 bagues concentriques en silicone. Lorsqu'un rayonnement est projeté sur le détecteur, chaque bague "voit" un angle différent. Le résultat de chacune est proportionnel à sa fraction éclairée par le ciel. Comme la réflexion et la transmittance des feuilles sont minimales pour les rayonnements inférieurs à 490 nm, l'objectif a été filtré pour ne laisser passer que ce rayonnement, le feuillage apparaît en noir sur le ciel lumineux. Les tests de calibrage ont été faits en usine sur chaque détecteur. L'utilisateur n'a plus à faire aucun calibrage ou réglage (même périodique) parce que les mesures résultent d'une comparaison d'observations faites au dessus et en dessous de la voûte de la végétation.

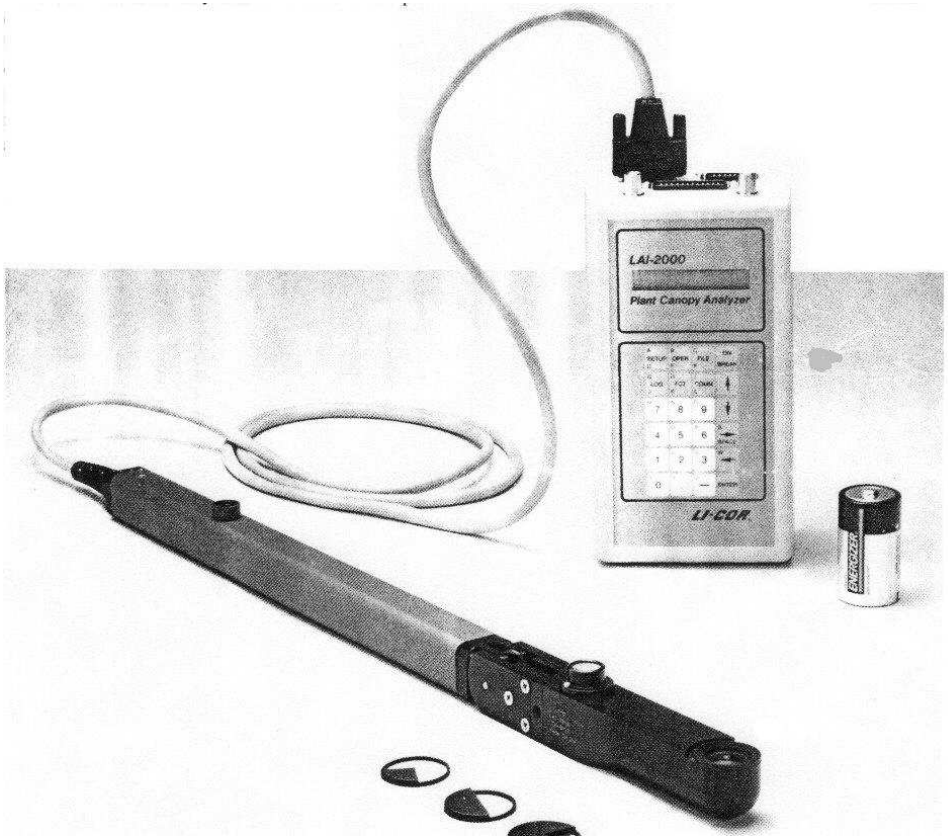


figure IV.32 - Le LAI-2000

L'unité centrale contient un calculateur qui récupère toutes les données du détecteur dans un espace mémoire de 16 Kbytes et réalise les calculs. Le logiciel intégré permet un affichage direct de l'indice foliaire et des angles d'inclinaison dans le champ de l'objectif. Les résultats de chaque mesure sont conservés sous forme de fichiers qui peuvent être rappelés et affichées ou bien sortis sur un ordinateur ou une imprimante à travers leur interface RS-232C. Cette unité centrale dispose de deux ports d'entrée permettant la connexion simultanée de deux objectifs ce qui permet de faire les observations comparatives d'un seul coup si le toit de la végétation n'est pas trop haut.

464.2 - Réalisation des mesures

Les mesures sont faites en positionnant le détecteur horizontalement et en appuyant sur un bouton ; les données sont automatiquement transférées dans l'unité centrale pour le stockage et les calculs. Des lectures multiples sous le feuillage et le détecteur à très grand angle assurent que les calculs sont fondés sur un large échantillon du feuillage.

Après avoir collecté les mesures au dessus et au dessous du feuillage, l'unité centrale effectue tous les calculs et affiche immédiatement les résultats :

- La fraction de ciel visible sous le houppier, c'est-à-dire le couvert angulaire de la végétation.

- L'indice foliaire pour la voûte de la végétation, ou la densité foliaire pour un houppier isolé ;

- L'angle d'inclinaison moyen du feuillage.

De nombreux facteurs peuvent influencer la mesure technique pour un couvert donné, selon la hauteur, la taille et la structure, taille des feuilles, les conditions météo et le champ de vision du détecteur.

4642.1 - Conditions météo

Les mesures peuvent être faites sous une grande variété de conditions météo. Un soleil caché est la meilleure condition, mais les mesures peuvent être faite par jour clair si on utilise une technique adaptée. Sous un ciel nuageux, le rayonnement diffus est faible, lorsque le soleil brille sur les feuilles le rayonnement diffus est significativement augmentés.

Le détecteur optique est filtré pour rejeter les rayonnements au dessus de 490 nm ce qui minimise l'influence du rayonnement diffusé par le feuillage. Lorsqu'il y a un rayonnement diffus, les lectures inférieures sont augmentées, ce qui entraîne une sous-estimation du LAI. Deux techniques sont utilisées pour faire les mesures lorsque le soleil n'est pas caché :

1) un cache est utilisé pour masquer la portion de ciel qui contient le soleil. Deuxièmement, la végétation doit être ombragée le plus possible dans le champ de vision du détecteur.

2) s'il n'est pas possible de l'ombrager, les mesures peuvent être prises lorsque le soleil est près de l'horizon de façon à minimiser l'ensoleillement du feuillage vu par le détecteur. Si le feuillage vu par le détecteur n'est pas ombragé, les estimations du LAI seront réduite de 10 à 40%, suivant la pénétration du soleil dans la végétation.

4642.2 -Dimensions de la station

Comme le détecteur optique a un large champ de vision, le taille de la station est importante. Si elle est trop petite, le champ de vision du détecteur va s'étendre au delà de sa bordure et le LAI sera sous-estimé (ou surestimé si la station est entourée de feuillage dense). Le rayon minimal d'action (distance depuis l'endroit où se trouve le détecteur) doit être généralement au moins 3 fois la hauteur de la partie qui nous intéresse. Cependant, pour les végétations denses une distance plus courte peut être requise, car le détecteur risque de ne pas être capable d'en voir la bordure.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées si la taille du terrain à étudier est moins importante que la taille minimum requise. Premièrement, le LAI-2000 comprend un ensemble d'objectifs de vue pour la lentille, ces obturateurs opaques se posent sur l'objectif et laissent un angle de 45, 90, 180 ou 270 degrés. En plaçant le détecteur près du côté ou du coin du terrain à mesurer avec un bouchon obturateur en place, la taille du terrain est alors réduite. Une seconde solution pour les terrains de petite taille est de réduire le champ de vision en n'utilisant pas les données de la bague la plus proche de l'horizon.

4642.3 - Champ de vision du détecteur

Tout objet qui obstrue le champ de vision par la même quantité au dessus et au dessous de la canopée n'influencera pas les résultats. Par exemple il est possible de mesurer l'indice foliaire de l'herbe au dessous d'un gros arbre du moment que l'arbre est présent de la même manière dans l'ensemble des lectures. Des caches peuvent être utilisés pour masquer les objets indésirables dans le champ de vision du détecteur, par exemple l'observateur.

4642.4 - Hauteur du couvert

Végétations basses : Une mesure type commencerait par une lecture A, au dessus du toit de la végétation, puis serait poursuivie par plusieurs lectures B au dessous de ce toit. Si besoin, les lectures A et B peuvent être alternées pour tenir compte des changements de conditions météo ou de directions de vision. Les lectures au dessus (A) et au dessous (B) de la voûte peuvent être obtenues en utilisant le même détecteur optique puisque deux détecteurs optiques peuvent être reliés à la même unité de contrôle. L'un des détecteurs est monté ou tenu au-dessus de la végétation durant la mesure, l'autre est utilisé pour la lecture B en dessous. Avec le câble d'extension, un détecteur optique peut se trouver à dix mètres de l'unité de contrôle. Saisir en même temps les lectures du dessus et du dessous réduit le risque d'erreur possible dû à un changement de la lumière de l'environnement entre la lecture du dessus et celle du dessous. L'unité de contrôle contient un logiciel d'auto-calibrage qui est utilisé pour équilibrer les deux détecteurs de façon à ce qu'ils aient la même puissance dans un même environnement lumineux.

Végétations hautes : Pour des végétations hautes comportant des arbres, il faut choisir entre trois modes opératoire:

1/ Un seul LAI-2000 : une mesure du dessus (A) de la végétation est faite dans une clairière suffisamment large (rayon plus important que 3 fois la hauteur), suivie par les lectures sous la végétation arborée (B), et finalement une autre lecture au dessus de la végétation dans la clairière. Le LAI-2000 n'utilisera pas cette dernière mesure pour le calcul mais le logiciel d'analyse peut recalculer les données par interpolation entre les lectures A.

2/ Deux LAI-2000 : l'un des instruments est placé à l'extérieur de la station, ou au dessus sur une tour si il y en a une. Le second instrument est utilisé pour collecter les lectures B. Ensuite les deux unités de contrôle seront connectées et l'instrument B interrogera le A ce qui lui permettra de compléter les calculs.

3/ Deux détecteurs et une unité de contrôle : utiliser les deux détecteurs dans la même configuration que pour les végétations basses et utilisez le cable extension pour atteindre le dessus de la voûte en montant le second détecteur sur une perche pour le hisser au dessus du toit de la végétation.

4642.5 - Structure du couvert

Les calculs du LAI à partir des mesures de l'interception de la lumière faites par le LAI-2000 supposent une distribution randomisée des éléments du feuillage à l'intérieur de la canopée. A un large degré, la violation de cette hypothèse due à une masse compacte de feuilles, une structure en ligne, etc, peut être surmontée par un calcul de moyenne approprié.

Un couvert avec des trous significatifs conduira à sous-estimer le LAI. Un simple test quantitatif peut être fait en utilisant les instruments afin de déterminer si les trous dans une voûte sont importants. Si tel est le cas, pour y remédier, il faut réduire le champ de vision du détecteur en utilisant un bouchon obturateur et augmenter le nombre de lectures B pour compenser la taille réduite de l'échantillon pour chaque lecture.

La localisation des lectures B doit être judicieuse. Dans un peuplement en ligne, par exemple, une bonne technique est de prendre 4 mesures également espacées le long d'une diagonale transversale entre deux lignes et de faire plusieurs transects. Le but de la disposition en diagonale par dessus une rangée a pour objet d'éviter que les mêmes plantes dominent l'ensemble des mesures pour ce transect.

Avec 4 échantillons le long d'un transect, le premier doit être pris dans la ligne le second à 1/4 de l'autre côté, le troisième au milieu et le dernier à 3/4 de l'autre côté.

4642.6 - Taille du feuillage

Les éléments du feuillage sont supposés être petits comparés à l'aire examinée par chaque bague. En général, la distance entre l'optique et le feuillage le plus proche à un angle de 30 du zénith devrait être au moins de 4 fois la largeur de la feuille.

464.2 - Avantages du LAI-2000

Les mesures directes de la structure du feuillage sont fastidieuses et demandent un travail intensif pour les petits houppiers et sont presque impossibles dans de grandes forêts. Tandis que les modèles de transfert de rayonnement montrent que de simples mesures de pénétration du rayonnement peuvent procurer des estimations exactes de la structure de la frondaison. Même par rapport aux autres techniques indirectes de mesure, le LAI-2000 est un moyen très rapide de mesure. En effet, les techniques de mesures du LAI qui reposent sur le rayonnement direct du soleil nécessitent souvent des prises de mesure multiples au même endroit à des heures différentes de la journée. Ceci parce que les données doivent être collectées avec le soleil sous différents angles. Comme le LAI-2000 rassemble les données de 5 angles différents simultanément, il n'y a pas besoin d'attendre que le soleil change d'angle. De plus, les mesures peuvent être faites sous une grande variété de conditions météo ; un soleil caché est le mieux, et comme le LAI-2000 n'a pas besoin de rayonnement solaire direct, il n'est pas nécessaire d'attendre un jour de grand beau temps ni une heure particulière.

La configuration souple de l'instrument permet une utilisation dans une grande variété de végétations de la steppe rase à la forêt.

C'est un instrument facile d'emploi ; il devient rapidement un outil très précieux avec un large champ d'applications, incluant la productivité de la végétation, la vigueur de la forêt, la modélisation du dépôt de la pollution de l'air, l'étude de la défoliation par les insectes et la télédétection.

464.3 - Problèmes posés par le LAI-2000

4653.1 - Hypothèses structurelles

Les calculs du LAI sont fondés sur quatre hypothèses concernant la structure foliaire étudiée :

- le feuillage est noir. Il est établi que la lecture faite en dessous du feuillage n'inclut pas le rayonnement qui a été réfléchi ou transmis par le feuillage.

- les éléments du feuillage sont petits comparés à l'aire de vue de chaque anneau.

- les feuilles sont réparties au hasard dans certaines enveloppes : ces enveloppes peuvent être des tubes (une rangée), un ellipsoïde (un buisson isolé), une boîte indéfinie (un gazon), ou une boîte définie avec des trous (forêt à feuilles caduques avec des trouées).

- le feuillage est orienté au hasard et dans tous les sens.

Cela étant, l'inclinaison du feuillage n'a aucune importance, mais les feuilles doivent être face à toutes les directions de la boussole. Aucune végétation n'est exactement conforme à ces hypothèses. Le feuillage n'est jamais aléatoire, mais il est regroupé en touffes le long des tiges ou au bout des branches et n'est pas opaque.

4643.2 - Peuplements naturels

Pour utiliser le LAI pour l'évaluation de la biomasse sur pied, il est nécessaire de procéder à un calibrage par type de végétation c'est-à-dire d'analyser plusieurs stations de cette végétation dans des état structurels différents de manière à établir la relation linéaire supposée exister entre ces deux descripteurs du tapis végétal. Analyser plusieurs stations différentes par le LAI et par coupe constitue déjà une contrainte pour des peuplements monospécifiques, mais cela devient très difficile à réaliser en végétation naturelle plurispécifiques, surtout s'il y a une strate ligneuse...

Par ailleurs, même si ce calibrage pouvait être réalisé de manière satisfaisante, le LAI-2000 ne fournit qu'un chiffre global, l'indice foliaire, ou par extension la biomasse verte sur pied ; il ne permet pas de juger de la qualité de cette masse végétale ni de ses possibilité d'amélioration. Ces jugements passent obligatoirement par des déterminations quantitatives. Il n'est pas indifférent au propriétaire du troupeau de savoir si la biomasse qu'il lui offre est constituée de *Dactylis glomerata, Trifolium pratense*, *Poa trivialis* et de quelques autres plantes peu nombreuses ou de *Deschampsia coespitosa, Lotus uliginosus,* etc. ou ailleurs de *Panicum turgidum* et de son cortège ou de divers *Hyparrhenia*.

4.7 - Comparaison des méthodes

Les points-quadrats inclinés sont plus particulièrement orientés sur l'appréciation de la **surface foliaire** et du **LAI (Indice foliaire**, Leaf Area Index en anglais) et doivent être comparés avec les autres méthodes utilisées par les physiologistes pour mesurer la surface des feuilles ; cela sort du domaine de cet ouvrage (le lecteur pourra se reporter aux travaux de S. de Parcevaux *in* Hallaire, 1970).

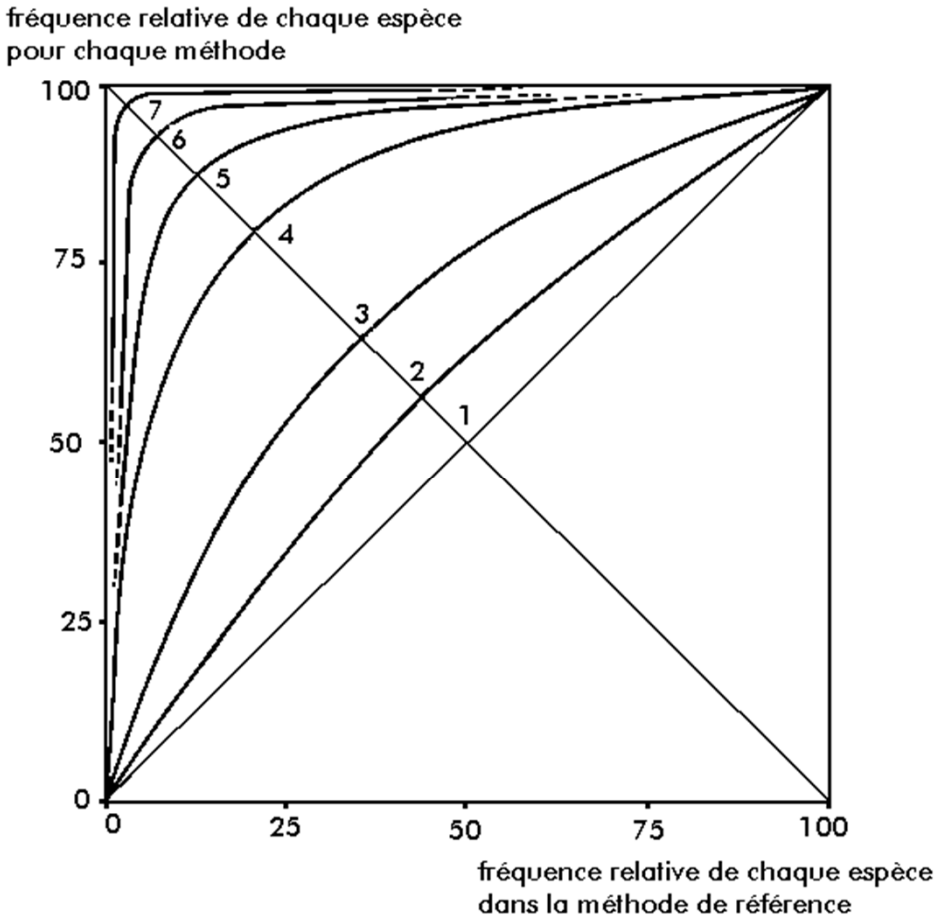
Les points-quadrats sont destinés à fournir des mesures de fréquence permettant de calculer le recouvrement, c'est-à-dire la projection verticale sur la surface du sol de la partie aérienne de la plante. Donc, mieux la verticale est respectée, plus précise seront les projections et meilleures sont les observations. C'est la raison pour laquelle le bâti de Poissonet-Ogereau peut être adopté comme méthode de référence. Une série d'essais a été réalisée pour comparer les diverses méthodes de recueil des données aux observations fournies par ce bâti. L'éventuelle hétérogénéité du terrain, les biais possibles liés aux observateurs ont été pris en compte.

Dans la plupart des cas, les méthodes par point exigent un plus grand nombre d'échantillon pour observer un nombre donné d'espèces.

Pour chaque méthode, la fréquence relative de chaque espèce sont en relation avec la fréquence relative obtenue par la méthode de référence par des courbes dites de concentration ou d'"inégalité" (figure IV.33).

Les courbes s'écartent d'autant plus de la diagonale que les unités d'échantillonnage sont plus grandes :

- - les méthodes par point viennent les premières avec des caractéristiques variant de 50-50 à 35-65 (courbes 1 à 3),
- - les méthodes segments et poignées ont des caractéristiques 20-80 (courbe 4),
- - les méthodes des quadrats ont des caractéristiques 15-75 à 5-95 selon leur taille (courbes 5 à 7)
- - la méthode phytosociologique, parce qu'elle englobe toute la station, atteint 0-100.



1-Méthode de référence ; 2- Points double-mètre ; 3-Points baïonette ; 4- Segments de 25 cm et carrés de 100 cm² ; 5- Carrés de 400 cm² ; 6- Carrés de 0,25 m² ; 7- Carrés de 4 m²

figure IV.33 - Comparaison des fréquences obtenues à partir de plusieurs méthodes d'échantillonnage (extrait de Daget, 1974)

4.8 - Analyse de l'enracinement

Dans un pâturage, la biomasse souterraine peut être plus importante que la biomasse aérienne, notamment lorsque celle-ci a subi une exploitation récente ou le passage d'un feu, ou lorsqu'elle a été éliminée par le sécheresse (figure IV.34) ; mais cela reste souvent vrai en plein développement végétatif.

L'exploitation de la fertilité et des ressources du sol par la végétation est sous la dépendance de son enracinement. Le bon état des racines et des autres organes souterrains est donc très important pour la "survie" du pâturage. Ce sont ces organes qui contiennent les réserves glucidiques qui permettent le redémarrage de la végétation aérienne après le départ du bétail, ou la fin de la saison défavorable (par sa sécheresse ou sa température) ou après le passage du feu. Une exploitation maladroite laissant à la végétation un temps insuffisant pour la reconstitution des réserves entraine son épuisement progressif. Il en résulte les faciès dégradés de la surexploitation, du surpâturage ou les faciès pyrophytiques. Il n'est donc pas indifférent au pastoraliste d'examiner les modalités de l'enracinement des végétations qu'il étudie ; même si cette approche est relativement peu courante.

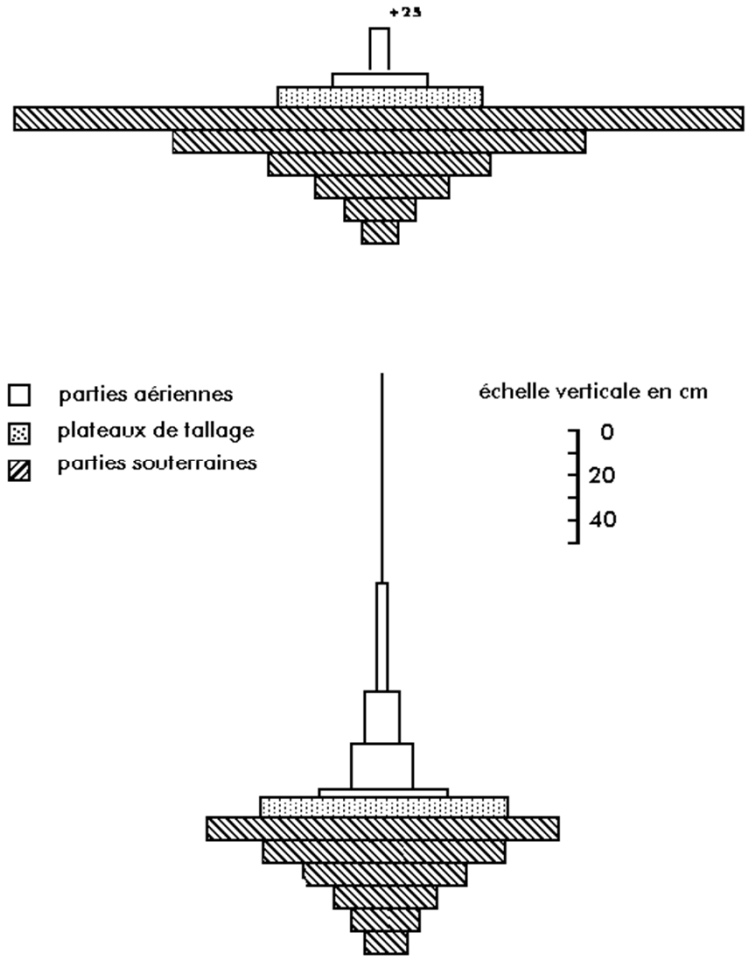


figure IV.34 - Répartition souterraine de la biomasse dans une savane burkinabée

En haut : avril

En bas : novembre

(extrait de Fournier, 1972)

48.1 - Analyse du réseau racinaire

L'analyse du réseau racinaire (paragraphe inspiré de Troughton, 1981) consiste à examiner l'organisation spatiale du système souterrain. La méthode de la planche à clous est recommandée pour cet examen. Le matériel consiste en une forte planche de bois de 100x30 cm percée de trous aux nœuds d'un réseau carré de 5 cm, des clous assez longs pour dépasser de 8 cm quand ils sont enfoncés dans la planche (trous et clous doivent avoir le même diamètre de façon que ces derniers soient solidement maintenus en place), un câble d'acier d'un mètre environ et un marteau.

Une tranchée est creusée dans l'emplacement du relevé (elle est de toutes manières nécessaire au relevé complet, voir chapitre 2); elle aura 1 m de profondeur et 60 cm environ de large. La planche est recouverte d'un film plastique noir et appliquée sur le côté de la tranchée et au centre. Les clous sont alors enfoncés dans les trous et dans la terre à coups de marteau. La terre est ensuite découpée de telle manière qu'un prisme de 100 x 30 x 8 cm reste appliqué à la planche. Pour cela, il faut d'abord dégager les côtés de la planche puis faire passer le câble derrière les clous en lui imprimant un mouvement de scie de haut en bas.

Les racines sont séparées du sol par lavage ; mais, avant cette opération, il est préférable d'immerger tout l'ensemble dans l'eau (ou dans une solution à 2.7 $g.l^{-1}$ de pyrophosphate de sodium) pendant 12 à 24 heures. Le lavage est fait en dirigeant un jet à faible pression sur le prisme, la planche étant inclinée à 45 .

Quand les racines sont dégagées, elles sont maintenues en place par les clous et peuvent être photographiées ou dessinées. Il est aisé de les retirer en soulevant le film de plastique. Pour des mesures pondérales, il faut retenir sur un tamis les racines coupées entraînées par le lavage.

Cette opération est longue. Elle suppose un sol non caillouteux ; il peut être sableux, mais alors il faut qu'il soit humide. Ce procédé de récolte est plus simple que la méthode classique de Weaver qui supposait l'extraction d'un prisme carré (de 100x30x30 dans une prairie, plus large dans une steppe) et dans lequel des tiges étaient enfoncées dans les deux directions parallèles aux côtés. Par ailleurs, il faut savoir que les racines des plantes pastorales, même en région humide, peuvent pénétrer sensiblement au delà de 100 cm; les plus profondes, même s'il y en a proportionnellement très peu, ont un rôle fondamental dans la résistance à la sécheresse.

Une autre méthode de description de l’enracinement a été proposée pour des sols qui ont les caractéristiques qui vienne d’être données. L’auteur propose une tranchée de 2 m de longueur sur 1,5 m de profondeur. Au cours du dégagement du front, les racine rencontrées sont coupées en laissant dépasser un brin d’environ 5 cm. Cela fait, un treillage à mailles carrées de 5 cm est introduit dans la tranchée et appuyé contre la front. On note ensuite l’abscisse et l’ordonnées des carrés où se trouve un brin ainsi que le diamètre de ces derniers. Ces résultats sont reportés sur une feuille quadrillée

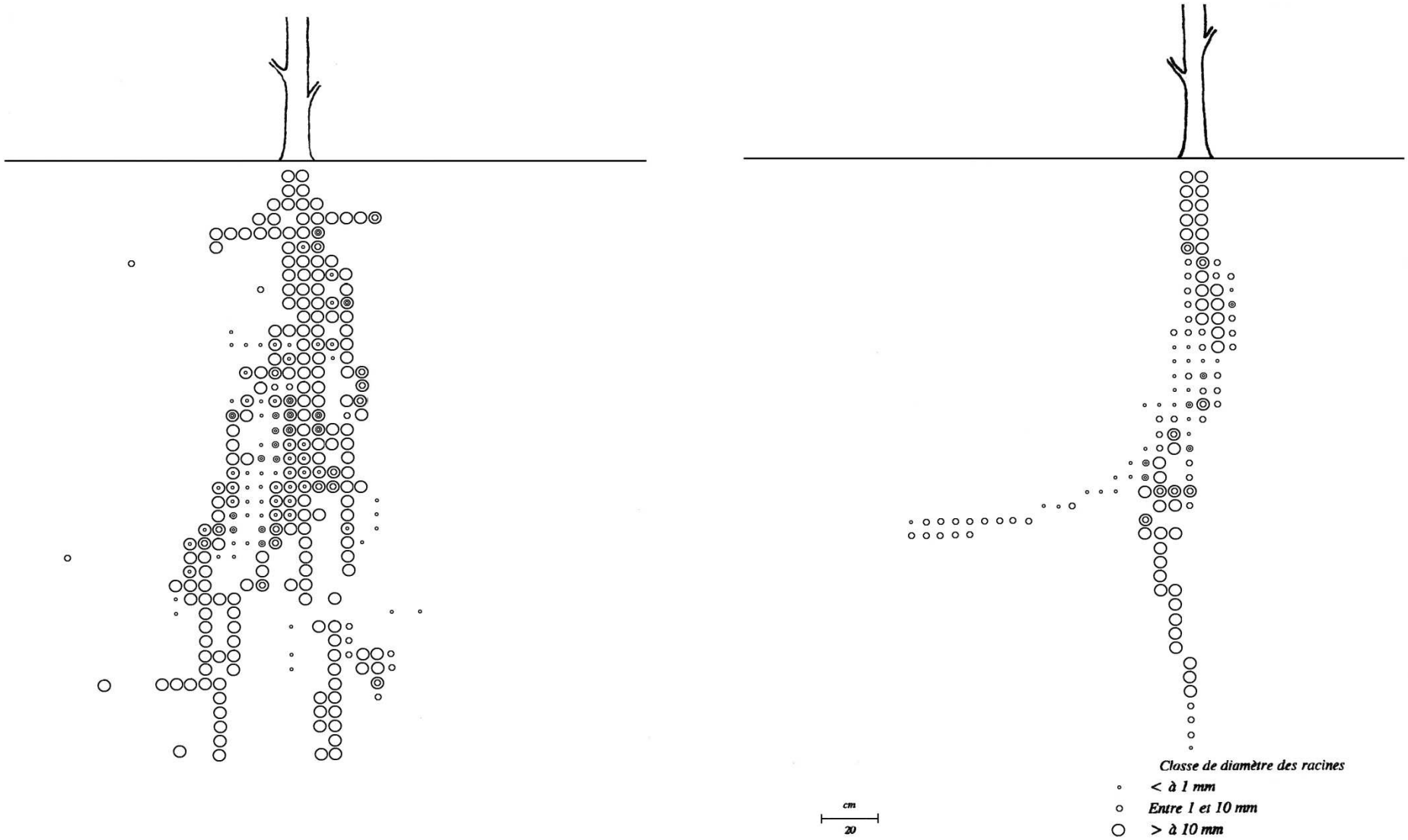


Figure IV-35 Profils racinaires de 2 jeunes *Faidherbia albida*
(redessiné d'après Oyog Matig)

48.2 - Profil racinaire

Il ne s'agit plus maintenant que de mesurer la quantité de racines par volume de sol à différentes profondeurs. La méthode des carottes est utilisée pour la prise des échantillons. Deux systèmes sont pratiqués, les prélèvements horizontaux et les prélèvements verticaux.

482.1 - Prélèvement horizontaux

Il faut disposer de cylindres de prélèvement de 12.7 cm de long découpés dans du tube d'acier de 10 cm de diamètre (ce qui fait une contenance de 1 dm 3), de plusieurs madriers de bois de 50 à 60 cm de long et d'un cric de voiture de préférence hydraulique. Une des extrémités du tube est taillée en biseau aigu. Une tranchée assez large est ouverte. Un des tubes est appliqué contre une des parois, l'extrémité en biseau côté sol ; un des madriers est appliqué contre le tube et l'autre contre la paroi opposée de la tranchée, le cric étant placé entre les deux. Il suffit de manœuvrer le levier de ce dernier pour faire pénétrer le tube dans le sol. Les autres tubes sont alors mis en place de la même manière. Lorsqu'ils le sont tous, le sol qui les entoure est dégagé et les tubes sont retirés. Il faut alors les peser immédiatement puis les garder pour la suite des opérations (en congélateur et l'analyse peut être faite plusieurs mois après le prélèvement, ou en sac de plastique et l'analyse doit être faite dans les jours qui suivent).

482.2 - Prélèvement verticaux

Pour cette méthode, les cylindres nécessaires sont un peu plus longs : 14.7 cm et munis de deux trous diamétralement opposés de 1 cm de diamètre et à 2 cm du bord supérieur ; une tige en acier de 1 cm de diamètre et de 40 à 50 cm de long (les ronds à béton ne conviennent pas, ils se tordent trop vite). Pour effectuer le prélèvement, le cylindre est placé verticalement à la surface du sol, dégagée de toute végétation, la tige placée dans les trous. Le cylindre est enfoncé en exerçant une pression sur la barre accompagnée d'un mouvement alternatif de rotation jusqu'à ce que la tige soit au ras du sol. En tirant verticalement sur cette tige, le cylindre est retiré du sol et mis de côté comme précédemment. Le sol est découpé sur une dizaine de centimètres et sur un espace d'au moins 50 cm de côté et l'opération renouvelée au fond de cette excavation et ainsi de suite. Naturellement, les prélèvement peuvent être plus espacés, il suffit de faire l'excavation plus profonde.

Lorsque les sols sont grossiers, ou comportent des cailloux, il faut utiliser un bélier (figure IV,.36 et IV.37) cependant les prélèvements perdent toute signification si la teneur en cailloux est élevée ou s'il y a de nombreux blocs. Dans des sols évolués et dont le profil comporte des horizons pédologiques nettement différentiés, les prélèvements doivent être orientés pour correspondre à la stratification du sol. Au besoin, on enfonce plusieurs fois le cylindre d'une faible profondeur pour obtenir le volume défini en plusieurs prises.

Certains sols ont un horizon superficiel très spongieux avec un feutrage très serré de racines ; dans ces sols, le cylindre déchire le sol de manière désordonnée et ne procure pas de carotte représentative. Il faut alors découper des tranches de sol avec un couteau et une truelle plate.

Dans les sols rocheux, ou même seulement très caillouteux, les prélèvements de sol deviennent très problématiques...

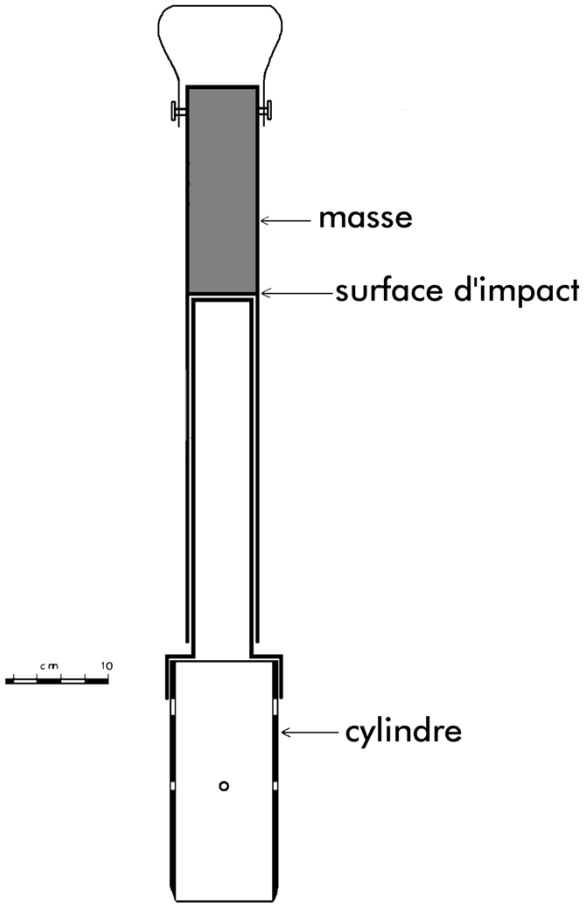


figure IV.36 - Un cylindre de prélèvement des carotte de sol avec son bélier (extrait de McQueen, 1966)

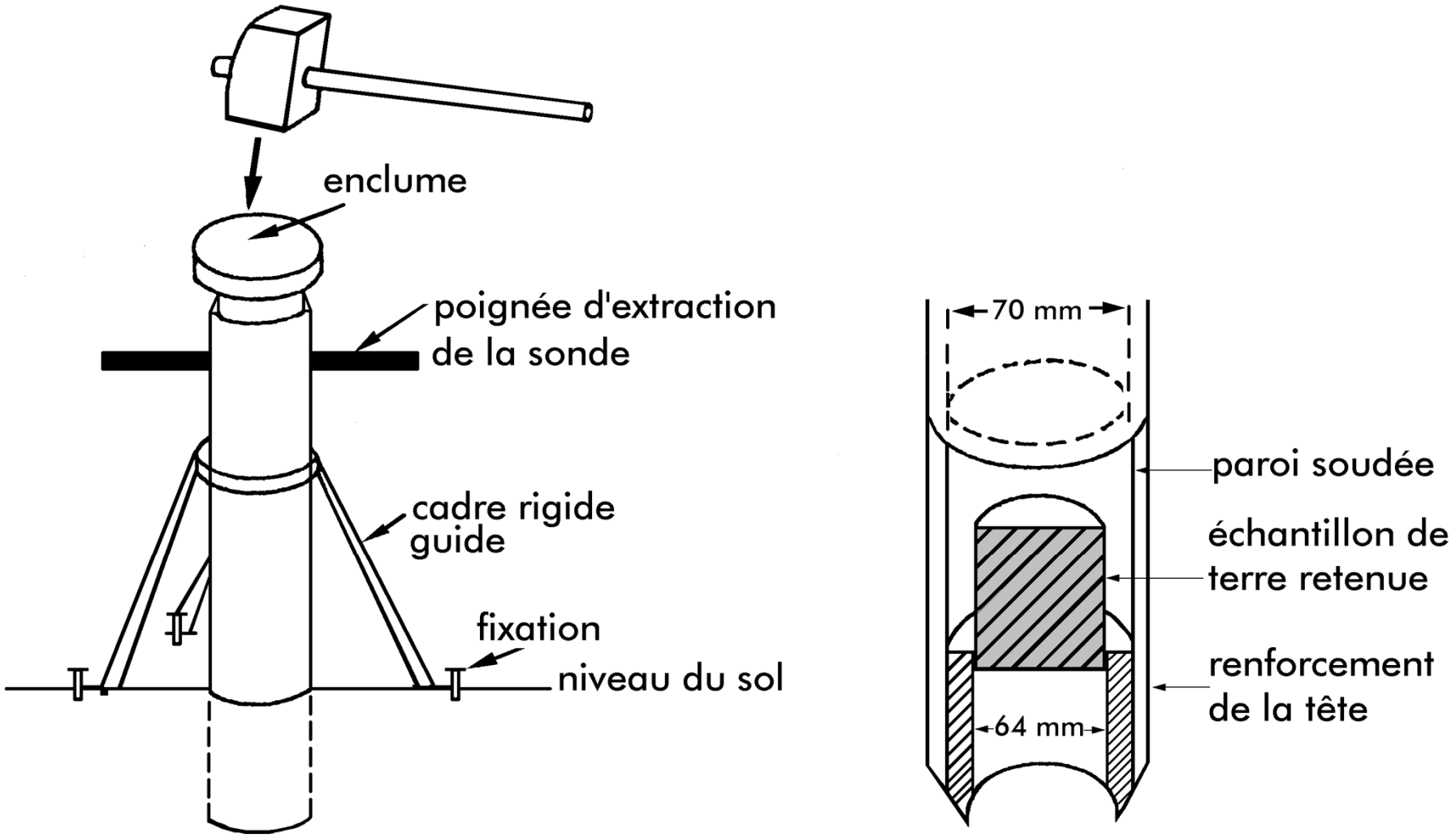


figure IV.37 – un autre système de prélèvement

482.3 - Lavage des racines

Les échantillons, soigneusement référencés, sont donc conservés et rapportés au laboratoire où les racines sont séparées du sol par lavage. L'échantillon est pesé puis introduit dans une "machine à laver" dans laquelle l'échantillon est mis en rotation dans un courant d'eau (figure IV. 38). A la base de la cuve, la machine comporte 4 buses internes, de 2 mm d'ouverture et toutes orientées da la même manière ; elles sont placées à 90 les unes des autres. Ces buses sont connectées au robinet du laboratoire.

L'échantillon est introduit dans la machine et le robinet ouvert ; les 4 jets assurent un mouvement rotatif des matières minérales et organiques, mouvement qui les sépare ; les unes tombent au fond de l'appareil, les autres montent à la surface. Là, 2 déflecteurs fixes les font converger vers la cheminée centrale où elles tombent avec le courant d'eau sur un tamis de 2 mm placé sous l'appareil. Quand l'opération est achevée, les racines sont séchées à l'air et pesées, ce qui donne leur masse fraîche, puis séchée à l'étuve pour obtenir leur masse sèche.

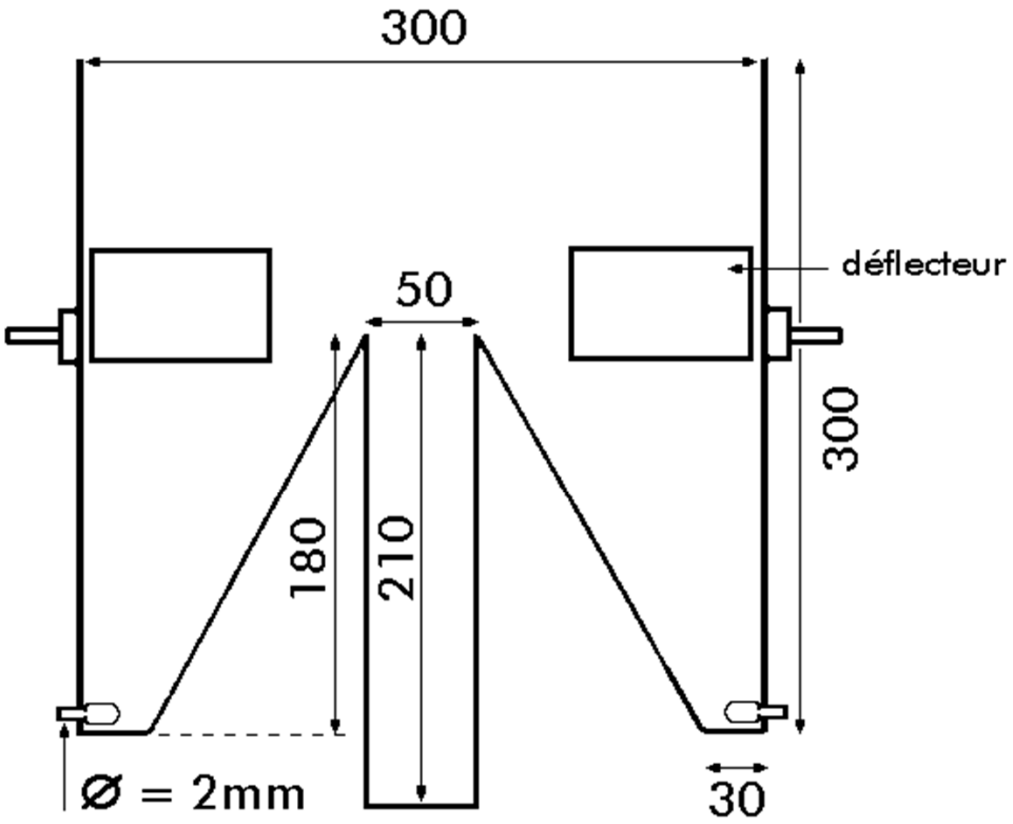
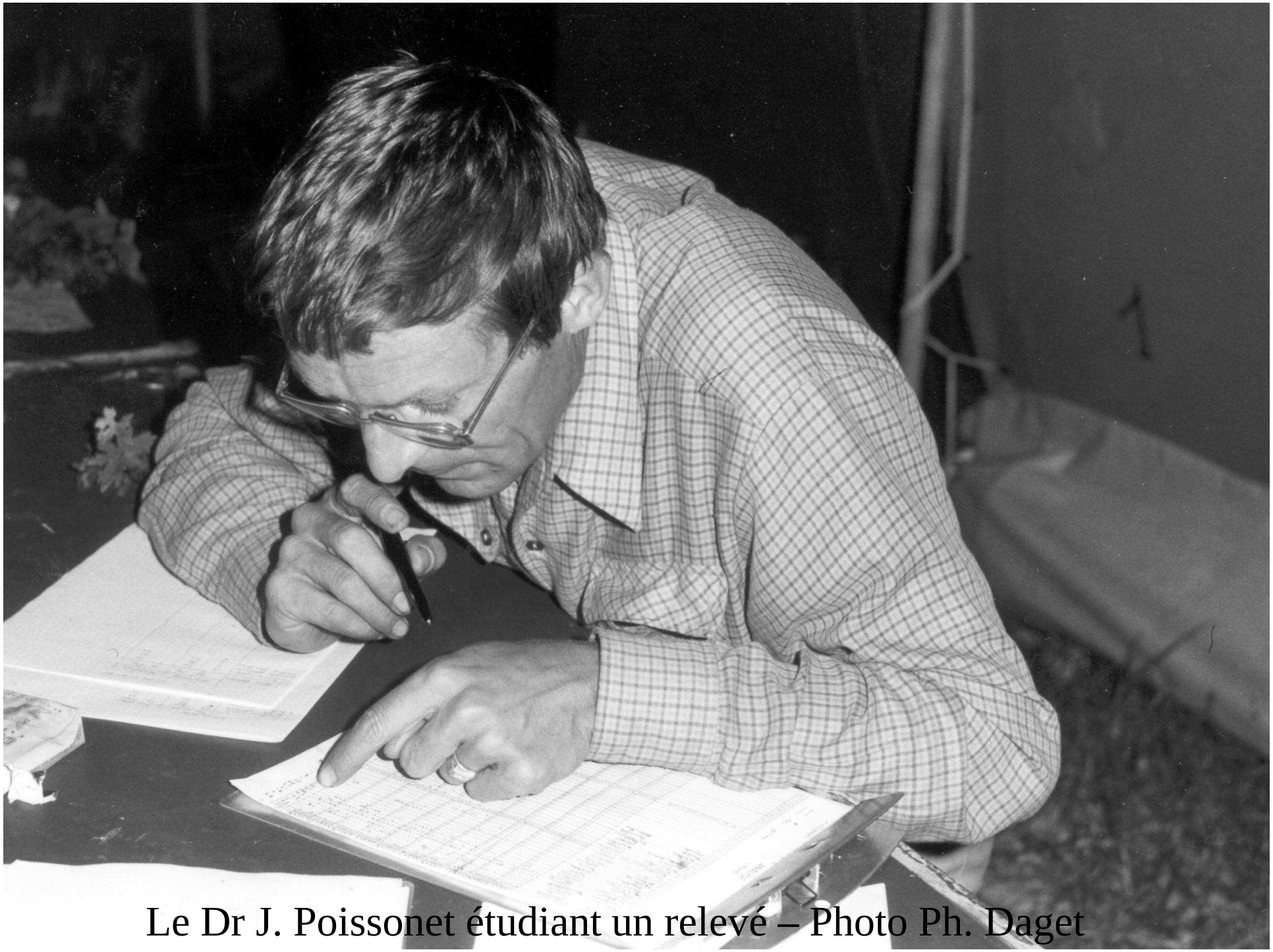


figure IV.38 - Vue en coupe de la "machine à laver" les racines
(extrait de McQueen, 1966)

Chapitre 5

Analyse de la végétation

Interprétation structurelle des observations



Le Dr J. Poissonet étudiant un relevé – Photo Ph. Daget

Liste des paragraphes

5.1 - Résultats des mesures …….5.04

5.2 - Résultats généraux …….5.13

5.3 - Relations entre les paramètres structuraux ….5.26

5.1 - Résultats des mesures

La plupart des méthodes décrites au cours du chapitre précédent aboutissent au même type d'enregistrement des données : un tableau à double entrée comportant autant de lignes que d'espèces ont été enregistrées et autant de colonnes qu'il y a d'unité d'échantillonnage; un tel tableau est l' image matricielle de la végétation. La figure V.1 présente un exemple d'une telle image.

51.1 - Quelques définitions

Pour pouvoir se comprendre dans l'interprétation des fréquences spécifiques et l'étude de la végétation, il est nécessaire de rappeler un certain nombre de définitions ; la plupart sont maintenant devenues classiques depuis que nous les répétons ; certaines sont reprises dans la littérature pastoraliste, d'autres ont été créées par nos soins pour combler les déficiences rencontrées au cours de nos travaux.

Présence : observation d'une espèce dans une unité d'échantillonnage, par exemple sous un point.

Contact : intersection d'un organe végétal aérien avec une ligne de visée ou le fil d'une baïonnette.

Fréquence spécifique : nombre de présences enregistrées pour une espèce dans une analyse.

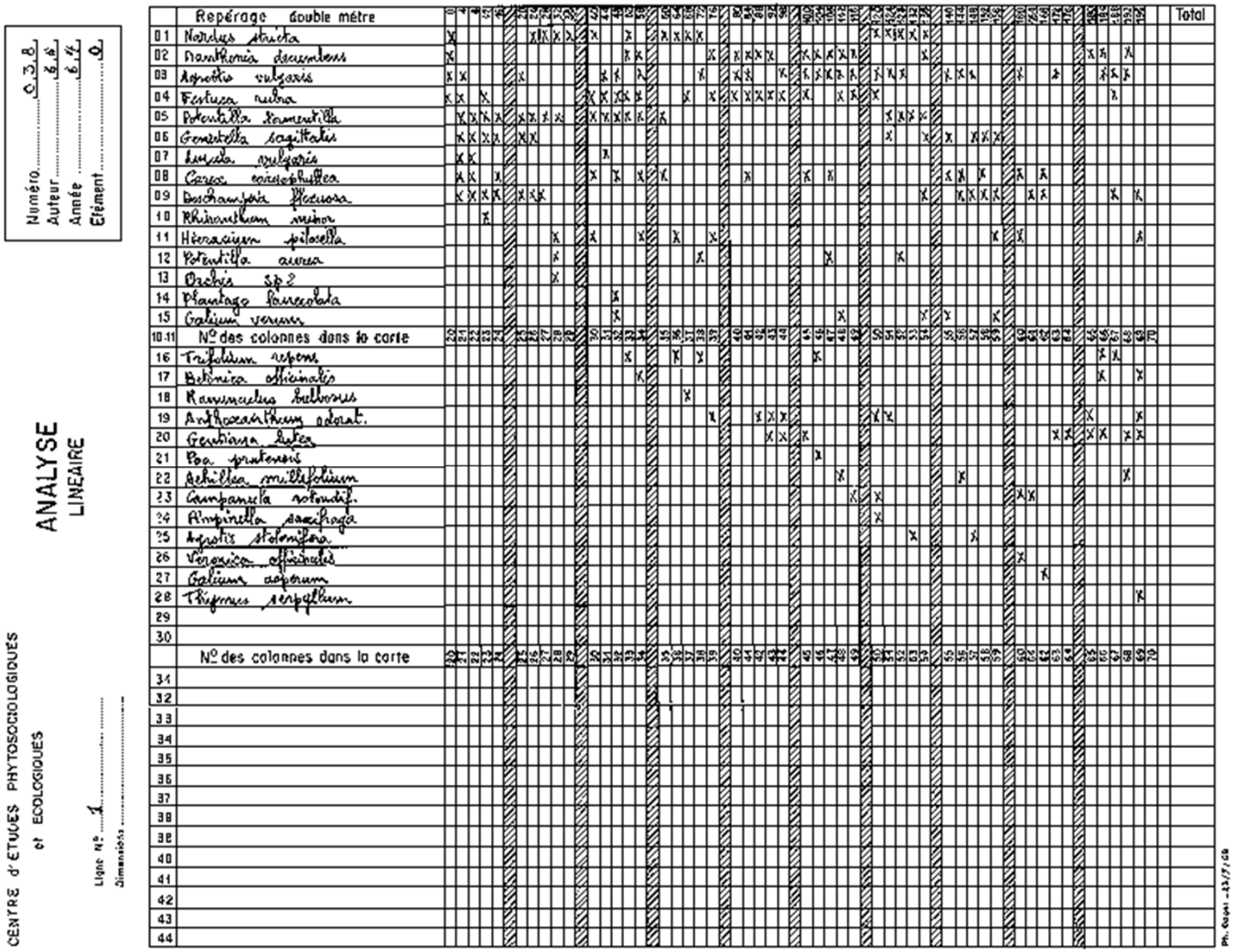


Figure V.1 - Image matricielle de la végétation d'un pâturage de la Margeride (France), avec points répartis tous les 4 cm

Fréquence centésimale : rapport exprimé en pourcentage entre le nombre de présences et le nombre total d'unités observées ; elle constitue une mesure du recouvrement de l'espèce.

Contribution spécifique présence ou CSP : rapport exprimé en pourcentage entre la fréquence centésimale d'une espèce et la somme des fréquences centésimales de toutes les espèces ; elle traduit la participation de l'espèce à la couverture de la surface du sol.

Contribution spécifique contact ou CSC : rapport exprimé en pourcentage entre le nombre des contacts correspondant à une espèce et la somme des contacts de toutes les espèces ; elle traduit la participation de l'espèce au biovolume végétal aérien.

Contribution spécifique matière sèche ou CSM : rapport exprimé en pourcentage entre la masse de matière sèche correspondant à une espèce et la somme des masses sèches de toutes les espèces ; elle traduit la participation de l'espèce à la biomasse végétale aérienne.

Rang : numéro d'ordre attribué à une espèce en classant les N espèces observées selon leurs fréquences centésimales (ou leur CSP, ou CSC, ou CSM) décroissantes. Le rapport entre le rang et le nombre d'espèces peut être exprimé en pourcentage.

Espèce productrice : espèce dont la CSP est supérieure à 1%

Espèce très productrice : espèces dont la CSP est supérieure à 5%

511.1 - Probabilité de présence

Il y a encore quelques années, même les spécialistes définissaient la probabilité comme la limite vers laquelle tend le rapport du nombre de cas favorables au nombre de cas possibles lorsque le nombre d'essais devenait très grand. Il n'y a pas besoin d'un effort de pensée très grand pour voir que cette "définition", parce qu'elle est expérimentale, est insuffisante pour l'étude de la végétation. Elle interdit de trouver une probabilité lorsque l'opération d'observation est destructive ou lorsque la nature des choses empêche de faire de nombreuses répétitions.

En fait, une réflexion théorique des mathématiciens, russes en particulier, a permis de créer une définition réellement mathématique et une analyse des conditions de son application à notre domaine a prouvé qu'elle était transposable aux problèmes phytologiques. En conclusion, au cours d'une étude, le rapport du nombre de réalisations réelles au nombre de réalisations potentielles constitue une mesure de la probabilité de réalisation du phénomène analysé ; et cette mesure est d'autant plus précise que le nombre d'essais est plus élevé. Ainsi, dans un pâturage de Haute-Marne, on a examiné les présences et les absences de *Festuca pratensis* sous 42 séries de 100 points quadrats dans 42 surfaces rectangulaires de 2x3 m (figure V.2). On observe bien la convergence signalée.

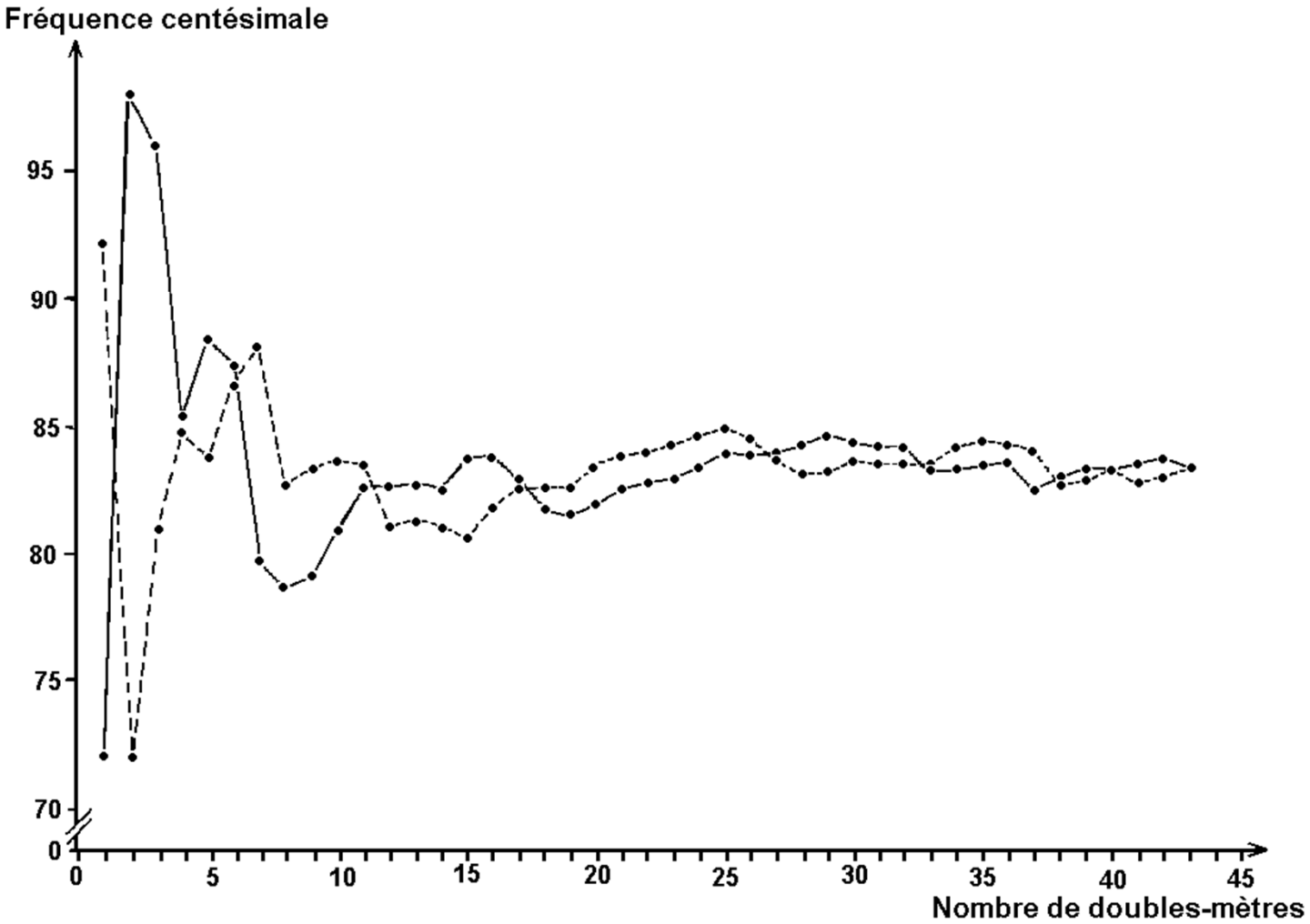


Figure V.2 - Convergence de la fréquence centésimale

Dans les études de structure de la végétation et de recouvrement, il y a le plus souvent 100 observations analysées ; si **X** d'entre elles présentent l'espèce **E**, la fréquence X/100 constitue la probabilité de présence de l'espèce **E** dans une unité d'échantillonnage. Ceci ouvre la porte à de très nombreuses analyses des modèles structurels de la végétation et de son homogénéité, modèles qui sortent, pour la plupart du cadre de cet ouvrage qui ne retiendra que ceux dont le caractère utile est apparent. Le premier est la caractérisation de la courbe aire-espèce.

412 - Précision des mesures

La **fréquence centésimale** de l'espèce **E** : X/100 est une mesure de son **recouvrement**, c'est-à-dire de la proportion de la surface du sol qui est recouverte par la projection verticale de ses organes aériens. S'agissant d'une proportion, on a proposé de lui donner l'intervalle de sécurité classique dans l'échantillonnage des proportions :

.

$$\pm t_N \frac{\sqrt{P.Q}}{N}$$

dans la quelle **P** est la proportion, **Q** son complément à 1, **N** l'effectif et $\mathbf{t_N}$ la valeur pour **N** du **t** de Student (que l'on trouve dans les tables statistiques usuelles). Pour **N** assez grand (supérieur à 33), on sait que, au seuil 0.95, t = 1.96. Dès lors, pour la fréquence

centésimale, l'intervalle est :

$$\pm 1{,}96 \frac{\sqrt{X\ (100-X)}}{100}$$

et pour une contribution spécifique :

$$\pm 1{,}96 \frac{\sqrt{X\ (N-X)}}{N}$$

Des abaques peuvent être utilisés pour déterminer ces intervalles. En fait, l'expérience de terrain montre que la sécurité des mesures effectuées est plus grande que ce que donnent ces formules. C'est du à ce que les distributions de ces grandeurs ne sont pas de type binomial comme cela sera vu par la suite.

51.3 - Nombre de points

Les mêmes formules ont été utilisées pour calculer le nombre de points à lire pour obtenir une précision suffisante :

$$N = \frac{t}{Z}\sqrt{\frac{Q}{P}} = \frac{t}{Z}\sqrt{\frac{1-P}{P}}$$

où **t** est la statistique de Student et **Z** la précision cherchée en pourcentage. Cette relation se ramène, en première approximation à la fonction :

$$y = a\sqrt{\frac{1-x}{x}}$$

qui montre qu'il faudrait 400 points pour une précision de 20 pour cent et 2 000 pour la même précision sur des recouvrements de 1 pour cent.

Il a été dit à plusieurs reprises que ces relations supposent que les "points de présence" suivent une distribution uniforme (soient répartis "au hasard") et, qu'en fait, cette hypothèse n'est pas conforme à la réalité. La distribution des présence est presque toujours de type agrégé, à toutes les échelles. L'application de ces formules n'est donc pas valide. De plus, non seulement les espèces sont agrégées, mais elles le sont de manière différente selon les espèces et selon les stations. Cette variabilité interdit la mise au point d'une formule synthétique pratique.

Un paramètre humain vient encore compliquer la situation. Multiplier le nombre de points à lire dans une végétation dense pour obtenir une précision satisfaisante sur les recouvrements les plus faibles (inférieurs à pour cent par exemple) entraîne de très nombreuses lectures identiques de points où seules les espèces les plus fréquentes sont

présentes d'où d'abord un allongement important du temps de lecture et ensuite une augmentation nette de la fatigue du lecteur avec le risque d'instauration d'une "routine". Alors, que faire dans la pratique quotidienne ? Il suffit de s'en tenir aux règles suivantes :

1. en végétation très haute et très dense, utiliser le **quadrat en U** de préférence aux points.

2. en végétation fermée ou peu ouverte, lire systématiquement **100 points**.

3. en végétation très dense où il y a de très nombreuses présences à chaque point, en diminuer le nombre pour réduire le nombre total de présences à environ 500.

4. en végétation très ouverte, où les points vides sont nombreux, augmenter le nombre de points de manière à atteindre environ **500 présences**.

5.2 - Résultats généraux

52.1 – Les principaux paramètres descriptifs de la végétation

Si l'on imagine d'extraire la partie centrale de l'image matricielle de la végétation, en retirant les références aux espèces et aux unités d'échantillonnage, en remplacement toutes les observations par le nombre 1 et les non observations par le nombre 0, le résultat est une matrice binaire de présences-absences. Le "vecteur ligne" des sommes par colonnes donne l'ensemble des nombre d'espèces par unités d'échantillonnage, c'est-à-dire, le nombre d'espèce par quadrat ou le nombre d'espèce par point. Le "vecteur colonne" des sommes par colonnes donne l'ensemble des nombre d'unités d'échantillonnage par espèce, c'est-à-dire la fréquence absolue des espèces.

Relativement à la Figure V.1, le "vecteur-ligne" est :

4 7 5 5 4 4 4 3 5 1 5 4 6 5 7 3 3 3 4 4 3 4 3 4 4 5 4 4 5 4 6 5 4 3 6 4 4 4 3 4 5 2 3 3 1 3 4 3 4 5

Tandis que le "vecteur-colonne" est :

16 17 26 20 18 12 3 15 16 2 8 4 1 1 5 6 3 1 8 9 1 3 4 1 2 1 1 1

En ce qui concerne le nombre d'espèces par unité d'échantillonnage, qui sont ici des points, les statistiques usuelles sont :

Moyenne	4.08
Mode	4
Médiane	4
Variance	1,504
Ecart-type	1,226
Erreur standard	0,173

Pratiquement, la distribution du nombre d'espèce par point ne s'écarte pas significativement, ici, d'une distribution normale.

Tableau V.1 - Ajustement à une distribution normale du nombre d'espèce par point de l'exemple

limite inf.	limite sup.	freq. Obs.	freq. Calc.	Khi-2
	3,5	14	15,9	0,228
3,5	4,5	20	15,8	1,119
4,5	5,5	11	12,1	0,105
5,5		5	6,2	0,222
Khi-2 = 1,675			prob. = 0,195	

L'ajustement serait encore meilleur avec une loi binomiale (2 = 3,884 avec 3 ddl d'où un niveau de probabilité de 0,274). La suite montrera de quel type de distribution il s'agit exactement. Il faut savoir qu'avec d'autres exemples les distributions log-normale ou de Poisson sont retenues par les tests et la distribution normale rejetée.

Le graphique "boxplot" est particulièrement adapté à la représentation schématique de telles données (Figure V.3) :

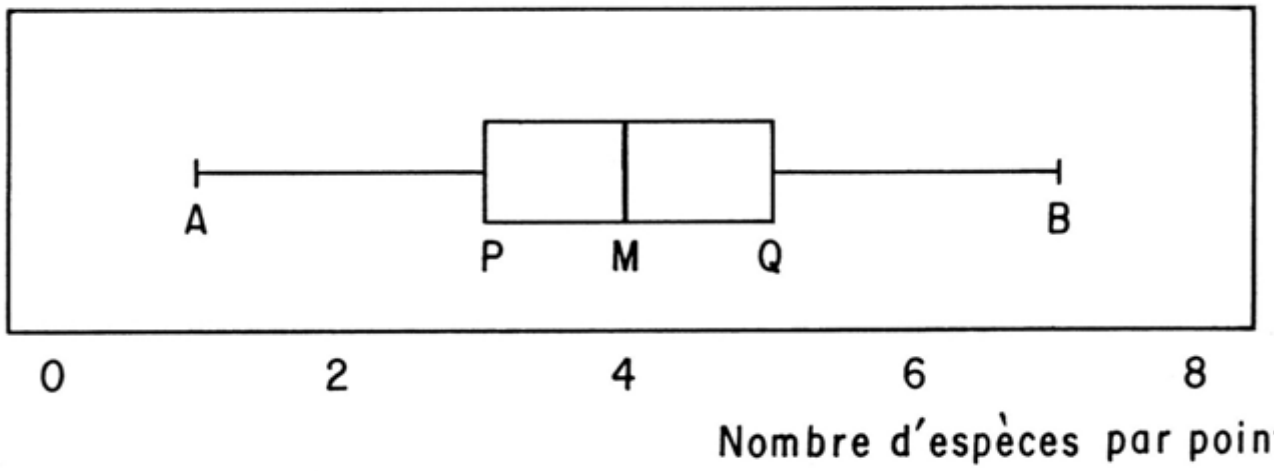


Figure V.3 - Boxplot représentant la variation du nombre d'espèces par point

A décile inférieur B décile supérieur P quartile inférieur Q quartile supérieur M médiane

L'abscisse est graduée et représente la gamme de variation ; le trait vertical central **M** représente la médiane, les traits verticaux **P** et **Q** représentent les limites de son intervalle de sécurité. Le trait horizontal **AB** représente l'amplitude de variation entre le 1er et le 9ème déciles (les 2 valeurs extrèmes sont représentée par un point au delà de **A** ou de **B**).

En ce qui concerne le nombre de points par espèce, les statistiques usuelles sont

Moyenne	7.32
Mode	1
Médiane	4
Variance	52.37
Ecart-type	7.23
Erreur standard	1.37

Il s'agit ici d'une distribution dissymétrique à gauche qui s'ajuste à une distribution log-normale (2 = 3.811 avec 1 ddl) et encore mieux à une distribution géométrique (2 = 1.067 avec 2 ddl). La Figure IV.4 montre un ajustement hautement significatif (r = 0.981 ; le test de linéarité donne F = 662) entre la fréquence et le logarithme du rang décroissant.

La matrice de la figure 4.1 ne comporte que 50 colonnes. Les fréquences centésimales seront donc obtenues en multipliant les valeurs du "vecteur-colonne" par 2, soit :

32 34 52 36 etc.

La somme de la matrice, 16 + 17 + ... + 1 = 205 est le nombre de présences observées. Le quotient du vecteur colonne par cette somme, multiplié par 100, donne la suite des contributions spécifiques :

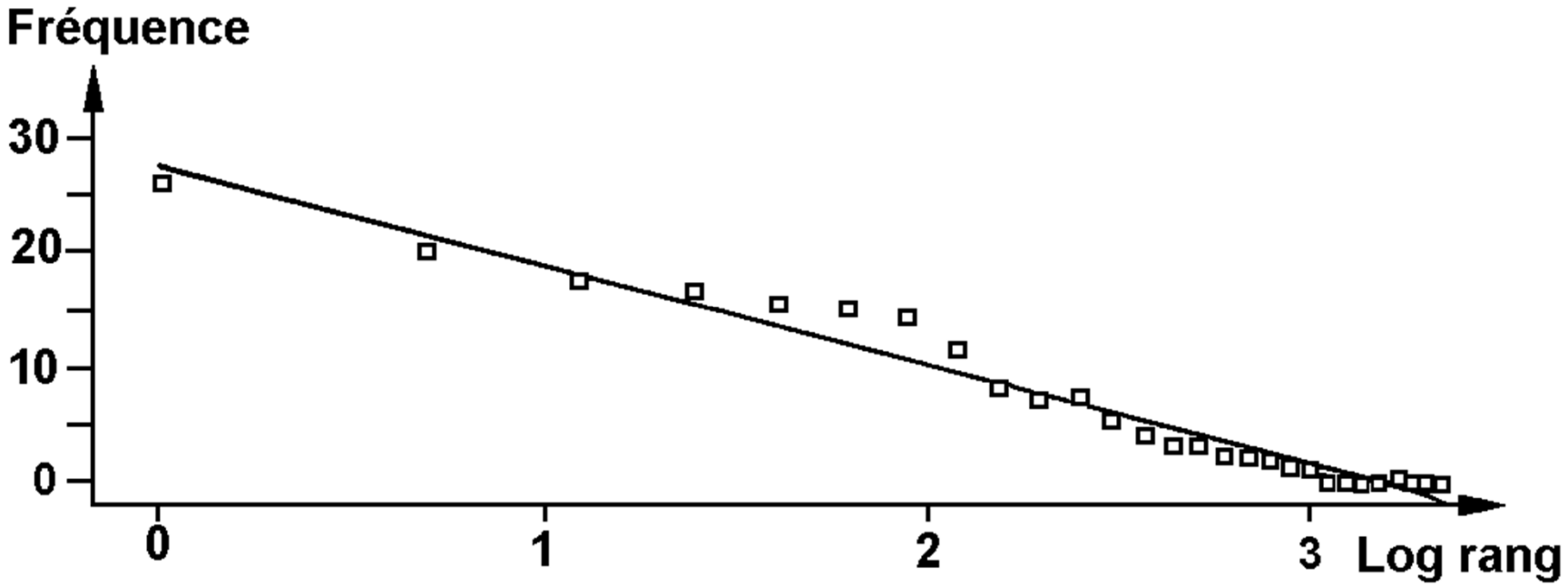


Figure V.4 – Relation entre le nombre d’espèces par point et la fréquence des points

7.8 8.3 etc.

avec 16 x 100 / 205 = 7.8 ; 17 x 100 / 205 = 8.292 = 8.3 etc.

52.2-Analyse du nombre d'espèce par unité d'échantillonnage

Il vient d'être montré que le nombre d'espèce par unité d'échantillonnage d'une taille déterminée était variable ; la distribution des effectifs, dont la forme en cloche est très nette, a alors été ajustée à une courbe log-normale ; d'autres, en d'autres circonstances, ont trouvé un excellent ajustement normal. Mais, il est courant de constater que des observations très soignées s'écartaient souvent de ces modèles théoriques, plus souvent d'ailleurs du second ; le soin mis dans l'exécution et la fréquence de la constatation conduisent à rejeter la possibilité d'un arte-fact. Ces modèles sont insuffisants.

En appelant **p(i)** la probabilité d'apparition de l'espèce **i** dans une unité d'échantillonnage parmi N identiques, une application simple du théorème des probabilités composées permet de calculer les probabilités **P(J)** d'apparition de 0, 1, 2, J espèces dans une de ces unités qui sont les termes successifs du produit :

$$\prod_n \left[p(i) + q(i) \right]$$

expression que les spécialiste appellent "loi binomiale généralisée de Poisson" et dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$\mu = p(1) + p(2) + \ldots + p(n) = n\,p(i)$$

$$\sigma = n\,p(i) \times q(i)$$

le signe de $\Sigma_n p(i) - \Sigma_n q(i)$ caractérise la dissymétrie de la distribution ; il est négatif lorsque les unités d'échantillonnage sont petites car il y a alors bien plus d'espèces rares que de fréquentes. La distribution est alors décalée vers la gauche. Il est positif lorsque les unités d'échantillonnage sont grandes car les espèces très fréquentes sont alors les plus nombreuses. Notons que cette distribution est bornée à gauche par le nombre d'espèces dont la probabilité d'apparition est égale à 1 et à droite par le nombre d'espèces total.

On retrouve ici l'ensemble des courbes sur lequel certains phytoécologues se sont appuyés pour choisir les dimensions de leur quadrat, ce sont celles de la courbe centrale (numéro 4 sur la Figure V.5) qui sont retenues, en raison de sa symétrie qui rappelle celle de la courbe normale de Gauss.

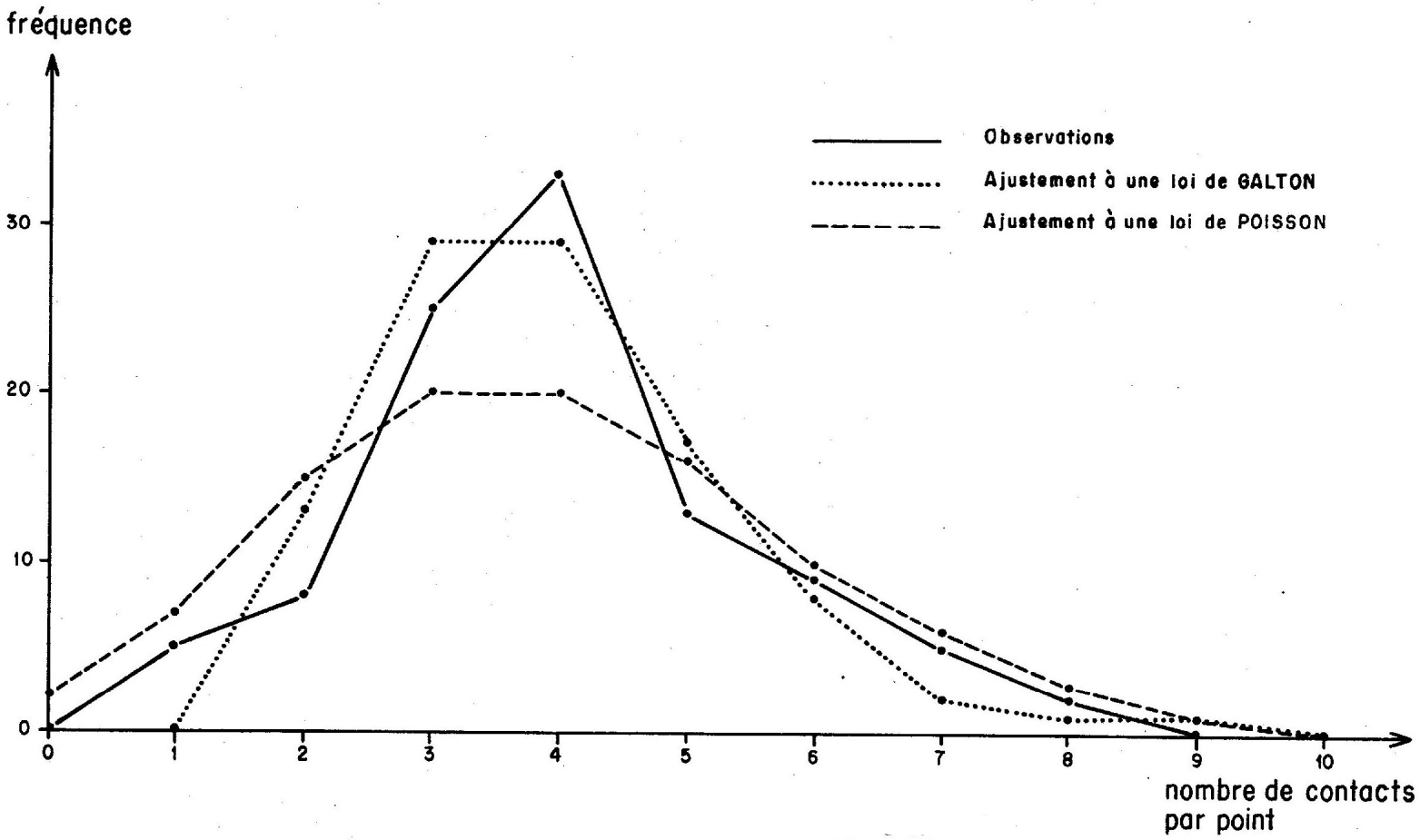


Figure V.5 - Nombre d'espèces par unité d'échantillonnage dans un pâturage de montagne atlantique (extrait de Daget & Poissonet, 1969)

52.3 - Un modèle de la courbe aire-espèce

Soit une nouvelle unité d'échantillonnage **V** dont l'aire soit un multiple de celle de l'unité précédente U : V = k U ; on démontre que les probabilités de présence de l'espèce **i** dans **V** est :

$$P_v(i) = 1 - q(i)^k$$

par conséquent, le nombre moyen d'espèces par unité V est :

$$\mu_V = \sum_N P_V(i) = \sum_N 1 - q(i)^k$$

Lorsque, pour un ensemble particulier de p(i) k varie de 1 à **N**, la variation de **V** traduit la variation du nombre moyen d'espèces par unités de tailles croissante ; en d'autres termes, on obtient la courbe aire-espèce.

Prenons le cas des espèces d'une des parcelles de l'essai PBI de Solling en Allemagne ; le tableau V.2 donne les probabilités de présences des espèces dans des points quadrats.

Tableau V.2 - Probabilités de présence des espèces dans une unité d'échantillonnage très petite
- Essai PBI de Solling en Allemagne -

Agrostis vulgaris	0.54	*Plantago lanceolata*	0.22
Ajuga reptans	0.15	*Poa pratensis*	0.10
Anthoxantum odoratum	0.83	*Poa trivialis*	0.05
Brunella vulgaris	0.02	*Ranunculus acer*	0.03
Cardamine pratensis	0.02	*Rumex acetosa*	0.02
Festuca rubra	0.82	*Taraxacum officinale*	0.19
Hieracium pilosella	0.01	*Trifolium pratense*	0.19
Holcus lanatus	0.22	*Trifolium repens*	0.05
Hypocheris radicata	0.12	*Veronica chamaedris*	0.05
Leontodon automnalis	0.06	*Mnium affine*	0.07
Lotus cornicumlatus	0.49	*Rhitidiadelphus squarrosus*	0.65
Luzula vulgaris	0.19		

L'application de ce qui vient d'être dit donne :

- nombre moyen d'espèce dans une unité, k = 1

$$m1 = 0.54 + 0.15 + ... + 0.65 = V.09$$

- nombre moyen d'espèce dans une unité de surface double, k = 2

$$m2 = 0.7884 + ... + 0.8775 = 7.59$$

- nombre moyen d'espèce dans une unité de surface triple, k = 3

$$m3 = 9.5$$

Le tableau V.3 rassemble les résultats obtenus de k = 1 à k = 100 ; certaines des courbes correspondantes sont représentées sur la Figure V.6.

Tableau V.3 - Nombre théorique d'espèce par unité d'échantillonnage de taille croissante

k	mk	sk2	sk
1	5.06	2.5	1.58
2	7.59	2.88	1.7
3	9.5	3.09	1.76
4	10.56	3.19	1.79
5	11.48	3.25	1.8
6	12.33	3.24	1.8
7	13.07	3.2	1.79
8	13.68	3.15	1.77
10	14.73	3.01	1.74
12	15.57	2.87	1.69
15	16.55	2.68	1.64
20	17.73	2.42	1.56
25	18.59	2.19	1.48
30	19.23	1.99	1.41
50	20.81	1.38	1.18
75	21.69	0.93	0.96
100	22.17	0.64	0.80

5.3 - Relations entre les paramètres structuraux

Il existe de nombreuses relations fondamentales entre les divers paramètres structuraux qui viennent d'être énumérés ; ces relations ont été vérifiées dans une très grande variété de pâturage, des alpages européens aux pelouses sommitales du mont Nimba en Guinée, dans les savanes du Sahel jusqu'aux pelouses méditerranéennes des Alpes dinariques, des steppes de Mongolie à celle d'Afrique du Nord, en passant par les prairies normandes. Ce caractère de très large généralité nous conduit à les considérer comme des lois fondamentales de l'organisation des communautés végétales, ou lois d'habitat ou encore lois de fonctionnement.

53.1 - Quelques cas concrets

531.1 - Une savane

Il s'agit de l'analyse d'une savane du Ferlo au Sénégal, dans la région de Lagbar. L'analyse a été faite au moyen d'une séquence linéaire de 100 points-quadrats espacés de 10 cm. Le tableau 4.4 donne les résultats observés. L'analyse portant sur 100 unités, les fréquences centésimales s'expriment par le même chiffre que les fréquences spécifiques. Il apparaît que les espèces sont classées dans le même ordre, à une inversion près, si on les range par ordre décroissant des fréquences centésimales (col. 3) ou du nombre de contacts par espèce (col. 6).

Tableau V.4 - Observations faites dans une savane sénégalaise

Rang	Espèces	Présences			Contacts			N
1	*Zornia glochidiata*	48	37.2	37.2	60	38	38	5.6
2	*Tribulus terrestris*	30	23.3	60.5	34	21.5	59.5	11.2
3	*Dactyloctenium aegyptium*	28	21.7	82.2	37	23.4	82.9	16.8
4	*Aristida mutabilis*	9	6.9	89.1	11	7	89.9	22.4
5	*Tragus racemosus*	4	3.1	92.2	5	3.2	93.1	28.8
6	*Schoenefeldia gracilis*	3	2.3	94.5	3	1.9	95.0	33.6
7	*Chloris prieuri*	2	1.6	96.1	3	1.9	96.9	39.1
8	*Urginea indica*	2	1.6	97.7	2	1.3	98.2	44.6
9	*Eragrostis tremula*	1	0.8	98.5	1	0.6	98.8	50
10	*Brachiara xantholeuca*	1	0.8	99.3	1	0.6	99.4	55.6
11	*Crassulacée indéterm.*	1	0.8	100	1	0.6	100	60.2
12	*Indigofera senegalensis*	e						
13	*Alysicarpus ovalifolius*	e						
14	*Cassia obtusifolia*	e						
15	*Mollugo nudicaulis*	e						
16	*Polycarpea linearifolia*	e						
17	*Kohautia senegalensis*	e						
18	*Cenchrus biflorus*	e						
	Totaux	129	100	100	158	100	100	100

Il y a 18 espèces parmi lesquelles 10 sont présentes sous les points ; il y a 10 espèces productrices soit (10 x 100)/18 = 55.6%, ce qui représente pratiquement la moitié de la flore de cette savane ; 4 espèces ont un recouvrement supérieur à 5%, leur fréquence centésimale est au moins égale à 9 ; ces 4 espèces : *Zornia glochidiata, Tribulus terrestris, Dactyloctenium aegyptium* et *Aristida mutabilis* sont les seules espèces très productrices de ce pâturage.

Les CSP s'obtiennent, par une application stricte de la définition, à l'aide de la formule.

$$CSP_i = \frac{FS_i}{\sum_N FS_i}$$

donc, en ce qui concerne *Zornia glothidiata*, on aura :

$$CSP_1 = \frac{48}{48+30+...+1} = \frac{48}{129} = 37,2$$

et ainsi de suite, ce qui donne les valeurs de la col.4. Les CSC s'obtiennent d'une manière très voisine :

$$CSC_i = \frac{NC_i}{\sum_N NC_i}$$

d'où

$$CSC_1 = \frac{60}{60+34+...+1} = \frac{60}{158} = 38{,}0$$

et ainsi de suite, ce qui donne les valeurs de la col. 7. Après le calcul des contributions, on cumule les résultats dans leur ordre décroissant, ce qui Figure dans les col. 5 et 8. Enfin, les rangs (col.1) sont exprimés en pourcentage :

$$N\% = \frac{100\ N}{MAX\,(N_i)}$$

soit, pour *Zornia glothidiata*, qui est la première espèce, son rang relatif est :

$$N_1\% = 100\frac{1}{18} = 5{,}6\%$$

et pour *Chloris prieuri*, qui est la 7ème :

$$N_7 = 100\frac{7}{18} = 38{,}9\%$$

ces valeurs sont ensuite cumulées (col 9). Les valeurs des colonnes 5 et 9 sont prises comme abscisses et ordonnées d'un premier graphique comparatif ; le résultat est présenté sur la figure V.7. La seconde diagonale du carré est tracée. Les coordonnées de son intersection avec la courbe sont 18 sur l'abscisse et 82 sur l'ordonnée (à titre de vérification, la somme des valeurs trouvées doit être égale à 100 ; ici 18 + 82 = 100, c'est bon). On dit que l'indice de concentration de la distribution est 18/82 (ce qui se lit "dix-huit quatre vingt deux"). Cela signifie que 18% des espèces sont responsables à elles seules de 82% du couvert végétal observé.

Un second graphique (figure V.8) exploite les valeurs des colonnes 8 et 9. La même construction donne aux coordonnées de l'intersection courbe/diagonale les valeurs 13 pour l'abscisse et 87 pour l'ordonnée ; l'indice de concentration est 13/87 ce qui signifie que 13 % des espèces sont responsables de 87% des contacts observés, et donc du biovolume.

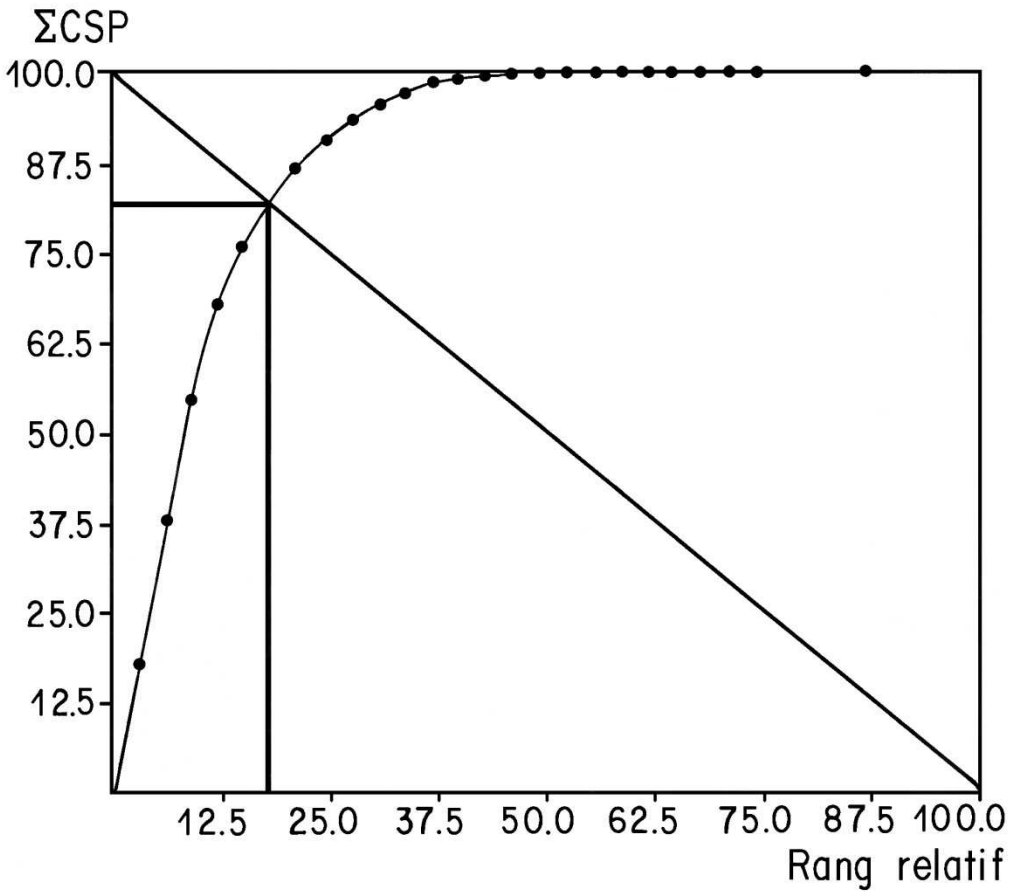


Figure V.7 - Courbe de concentration CSP vs rang dans une savane du Ferlo sénégalais

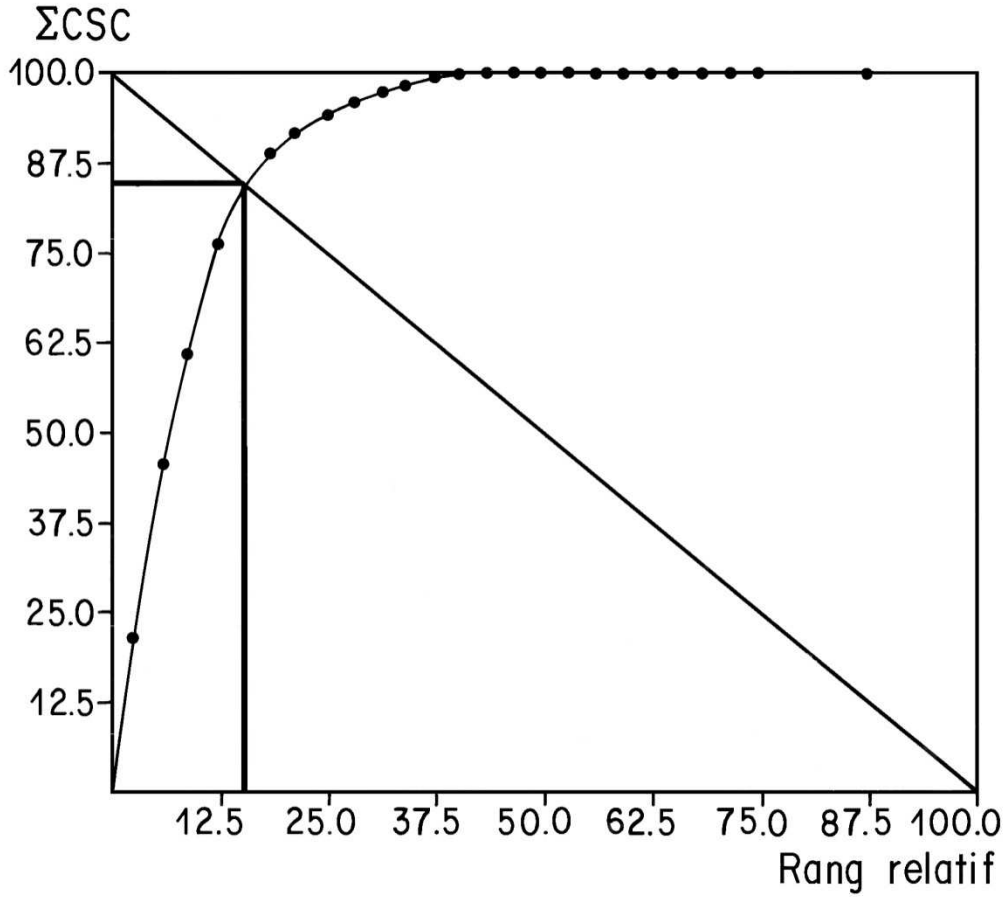


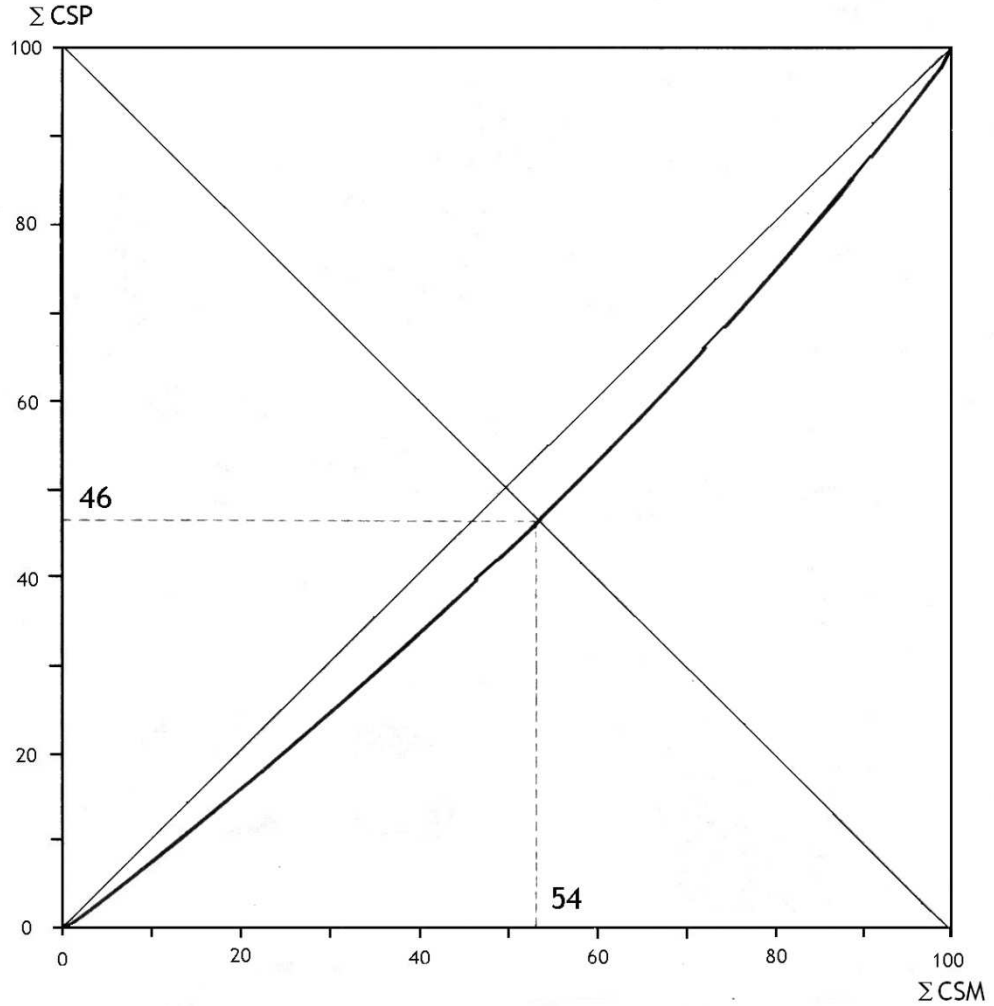
Figure V.8 - Courbe de concentration CSC vs rang dans la même savane

531.2 - En prairie de montagne

L'étude des 100 points quadrats dans la parcelle du Jura examinée plus haut a concerné 37 espèces ; le relevé porte sur 62 espèces présentes dans la parcelle. le taux d'espèces productives s'élève donc à 37/62 soit 60 % Un dernier graphique confronte les CSP et CSC en utilisant les colonnes 5 et 8 (figure V.9) ; l'indice de concentration correspondant est 45/55 Cela signifie qu'à 45% des présences correspondent 55% du biovolume.

53.2 - Homogénéité et hétérogénéité

Les discussions théoriques des phytosociologues ont montré qu'une végétation était homogène si les individus des espèces qui y sont présentes sont répartis selon le modèle de la loi uniforme (Ce qui ne veux pas dire que la répartition est régulière comme c'est la cas dans les plantations et les cultures). Alors, la probabilité d'occurrence d'une espèce dans une unité d'échantillonnage est la même quelque soit la position de cette unité dans la végétation. C'est l'hypothèse de base qui a servi pour la présentation de la courbe aire-espèce dans le chapitre précédent. En fait, au champ, c'est une situation idéale rarement pleinement satisfaite pour toutes les espèces, en particulier parce que les plantes à reproduction végétative forment des taches. Le pastoraliste travaille donc en végétation hétérogène et doit s'en contenter.



5.9 - Courbe de concentration CSP vs CSM dans un herbage du Jura (France)

Pourtant, il lui faut faire la différence entre une hétérogénéité interne faible aux unités de végétation et une hétérogénéité externe forte surtout au passage de l'une à l'autre. Le plus souvent, le phytosociologue détecte ces zones d'hétérogénéité maximale à l'œil ; elles sont parfois évidentes, ou sans être évidentes, elles peuvent être visibles pour un oeil exercé. Mais il est des cas où une étude particulière s'impose en particulier lorsque les deux unités voisines ont la même espèce dominante et les observations recueillies par la technique des segments contigus (paragraphe 3.513) semble tout particulièrement indiquée.

Deux approches sont possibles et se complètent :

- l'analyse de **l'hétérogénéité maximale,**
- l'analyse de la **distribution spatiale.**

532.1 - Hétérogénéité maximale

La recherche d'une limite optimale dans un relevé linéaire est fondée sur le fait que **F** présences d'une espèce dans **S** segments peuvent produire

$$\left(\frac{F}{S}\right.$$

complexions (configurations différentes des présences dans la séquence des unités

d'échantillonnage). L'hétérogénéité de la végétation, en ce qui concerne l'espèce observée, est égale à la quantité d'information liée à cette probabilité ; elle est mesurée en binons par:

$$H(E) = \log_2 \left(\begin{matrix} F \\ S \end{matrix} \right)$$

Or, si une limite sépare la ligne de segments en deux parties FG présences de l'espèce et SG segments resteront à gauche de la limite et FD présences avec SD segments à sa droite. Il est donc possible de calculer les hétérogénéités à gauche et à droite de cette limite :

$$H_G(E) = \log_2 \left(\begin{matrix} FG \\ SG \end{matrix} \right) \qquad\qquad H_D(E) = \log_2 \left(\begin{matrix} FD \\ SD \end{matrix} \right)$$

La différence entre l'hétérogénéité de l'ensemble et la somme des hétérogénéités des deux sous ensembles peut être prise comme mesure de la valeur de cette limite :

$$V(L) = H(E) - H_D(E) - H_G(E)$$

Le calcul de V(L) pour toutes les transitions entre les unités d'échantillonnage contiguës permet de trouver la position où V(L) atteint sa valeur maximale ; cette position est :

appelée limite optimale pour cette espèce. La limite optimale pour le relevé est obtenue en déterminant la moyenne arithmétique des limites optimales pour toutes les espèces présentes. Cependant, dans une répartition de présences suivant la distribution uniforme, l'espérance mathématique de la limite est une fonction symétrique qui favorise l'apparition des grandes valeurs de V(L) vers la milieu de la série d'observations ; il est donc souvent préférable, surtout si les limites trouvées sont proches des limites du dispositif, d'utiliser une valeur relative VR(L) en faisant le rapport

$$VRL = \frac{V(L)observée}{Espér.\,math.\,de\,V(L)}$$

532.2 - Répartition spatiale

Lorsque les individus d'une espèce sont répartis le long d'une ligne suivant une loi uniforme, les intervalles qui les séparent d'un point arbitraire, et plus particulièrement qui séparent la première présence du début du dispositif et la dernière de la fin, suivent aussi une loi uniforme. On fait donc porter le test sur ces extrémités ; il permet de savoir quelles sont les espèces qui apparaissent "extraordinairement tôt" ou "extraordinairement tard" sur la ligne. En appelant **DEB** le numéro du segment où une espèce particulière apparaît pour la première fois dans un relevé linéaire comportant **S** unités d'échantillonnage et **F** présences, la probabilité pour qu'une espèce soit présente pour la première fois sur l'unité **DEB** est :

$$P(DEB) = \frac{\binom{F-1}{S-DEB}}{\binom{F}{S}}$$

et la probabilité de voir l'espèce y apparaître pour la dernière fois :

$$P(FIN) = \frac{\binom{F-1}{FIN-1}}{\binom{F}{S}}$$

Il est possible de compléter les éléments fournis par ces deux tests par l'examen de la manière dont les présences dont groupées sur la ligne. Soit **D** l'intervalle allant de la première présence à la dernière, cet intervalle constitue l'étendue de l'espèce et soit **G** le nombre de groupes de présences existants à l'intérieur de l'étendue. Le nombre de complexions possibles pouvant se réaliser dans l'étendue **D** en constituant **G** groupes de présences est :

$$\binom{G-1}{F-1} < n < \binom{G-2}{D-F-2}$$

avec une étendue D et avec F présences, la probabilité attachée au nombre G de groupes est égale à

$$P(G) = \frac{\binom{G-1}{F-1} + \binom{G-2}{D-F-2}}{\binom{F-2}{G-2}}$$

Pour chacun de ces tests, quatre seuils sont utilisés : 1 pour cent, 1 pour mille, 1 pour dix mille, 1 pour cent mille.

532.3 - Exemple d'un cas concret : La pelouse à *Acacia caven* du Chili

Ce sont des pâturages piqués d'arbres les *Acacia caven* abondants dans la VIII région, c'est-à-dire dans le secteur sub-littoral entre 32 et 37 de latitude sud. La présence des arbres, dont certains ont plus de 150 ans, a un effet bénéfique sur la pelouse qui produit plus de MS.ha^{-1} et de meilleure qualité sous les arbres qu'en dehors, d'où l'intérêt d'analyser la limite de l'effet de l'arbre sur la pelouse. Plusieurs emplacements et dans plusieurs situations ont été étudiés. Voyons en un :

Les présences des espèces ont été observées dans une série de 40 segments contigus centrée sur l'arbre; les méthodes précédentes ont été appliquées aux observations faites. La figure V.10 traduit les interprétations effectuées avec les conventions de la figure V.11. *Lolium multiflorum*, *Briza maxima*, apparaîssent fortement liés à la présence de l'arbre et groupés sous sa couronne ; *Vulpia dertonensis*, *Bromus mollis*, le sont à un titre moindre, tandis que *Briza minor, Medicago polymorpha, Plantago firma, Trisetobromus hirtus*, sont localisés à l'extérieur de la couronne ; *Hordeum berteroanum* fait la transition. L'effet de la couronne s'étend à 2.20 m vers l'est et à 1.70 m vers l'ouest. Ici, la limite de l'hétérogénéité maximale correspond à peu près à la projection de la couronne sur la surface du sol. Mais il peut y avoir un décalage qui, lié à la latitude, est du même sens sur tous les arbres de la pelouse (figure V.12). Cet effet de couronne se retrouve dans toutes les formations mixtes (figure V.13).

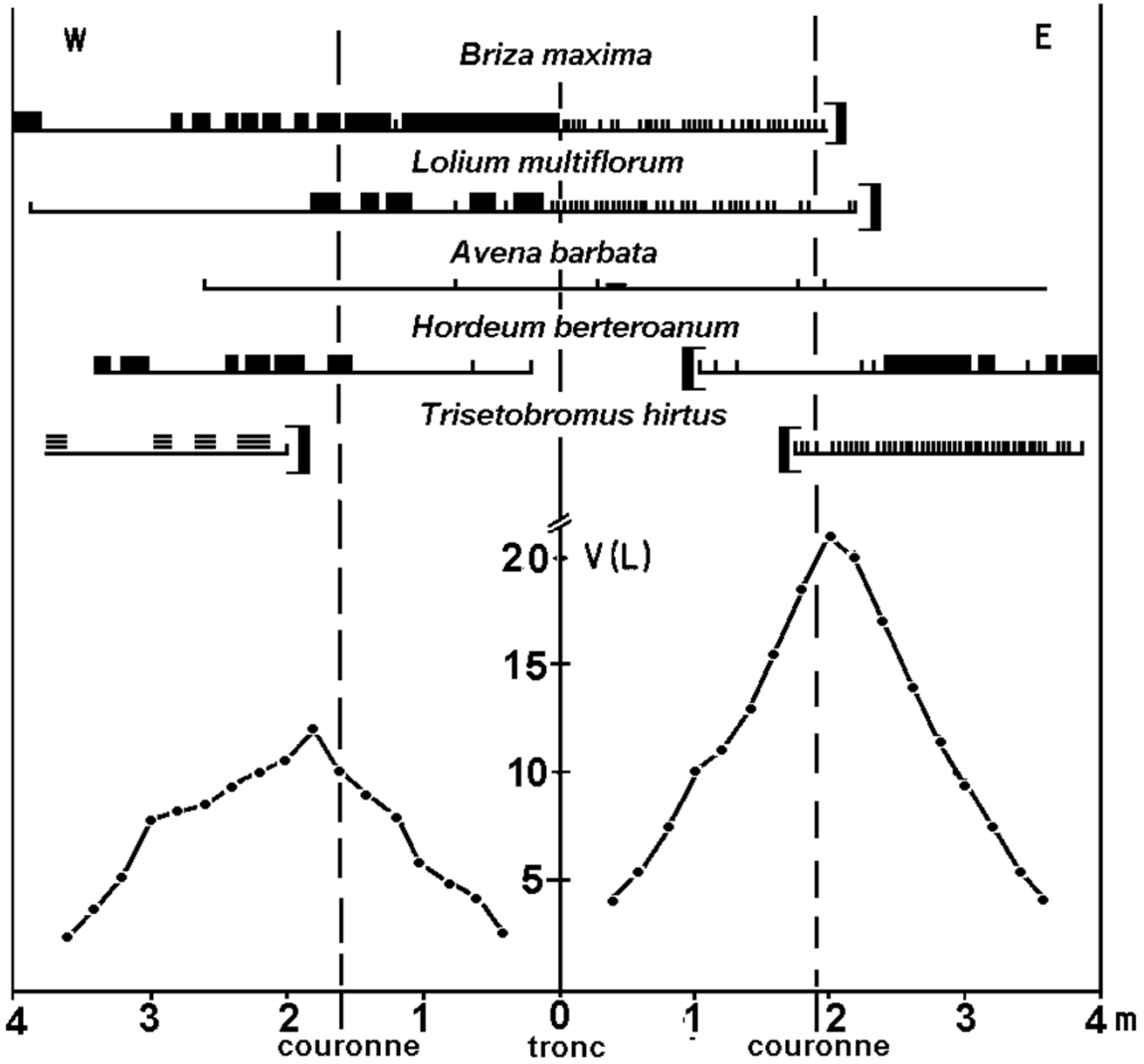


Figure V. 10 - Exemple d'analyse de l'hétérogénéité du gazon de part et d'autre d'un *Acacia caven* au Chili (extrait de Ovalle, 1986)

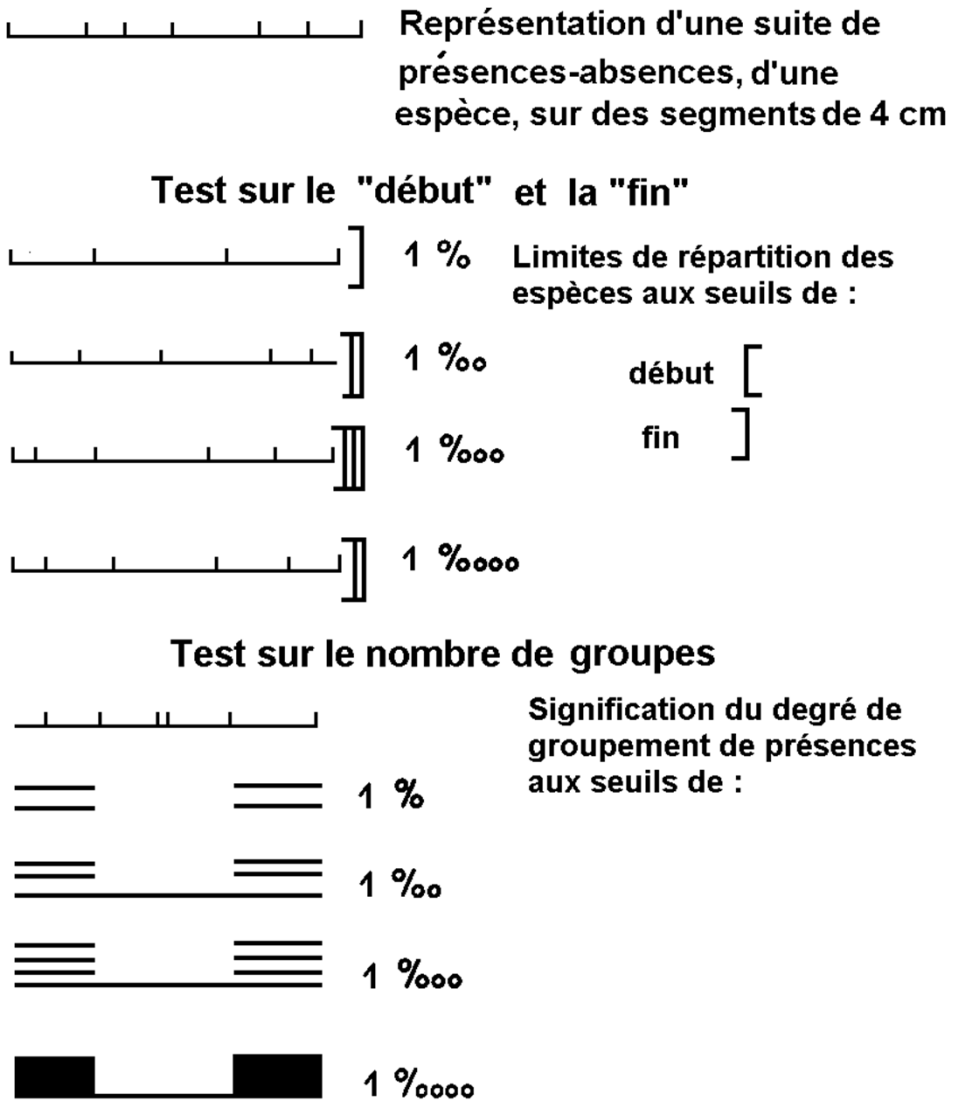


Figure V.11 – Conventions utilisées pour la figure précédente

figure 4

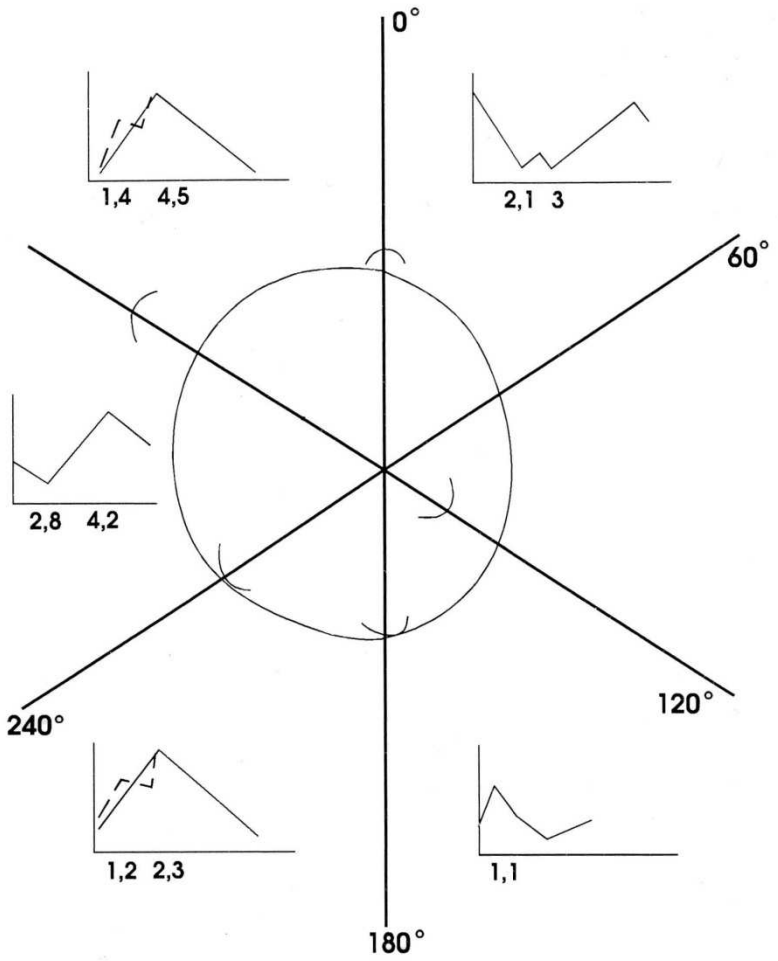


Figure V.12 - Limite de l'effet de la couronne d'un *Quercus lanuginosa* sur la pelouse du Causse Méjan - France (extrait de Ovalle, 1982)

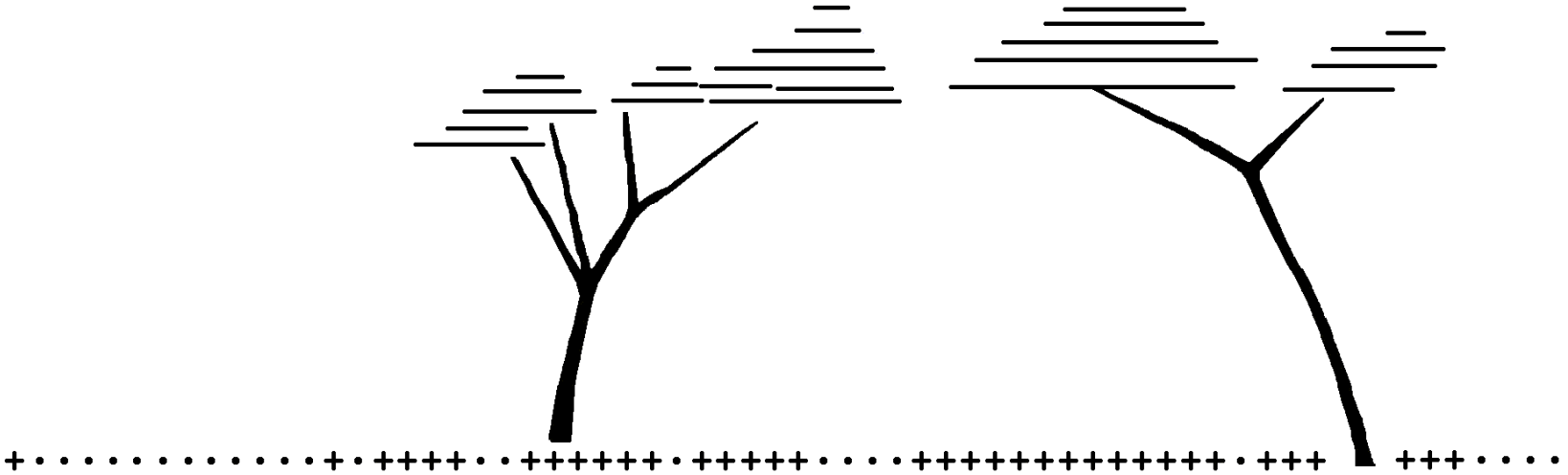


Figure V.13 - Limite de l'effet de la couronne d‘Acacia sur une steppe du parc de l'Akagera - - Rwanda (extrait de Bouxin, 1974)

53.3 - Lois de hiérarchie

A de très rares exceptions près, la hiérarchie des espèces, exprimée par leur rang, est la même quel que soit le critère employé pour l'établir : présence, contact ou masse.

Deux ou plusieurs hiérarchies peuvent facilement être comparées en utilisant un coefficient de corrélation de rang ; ils prennent la valeur 1 lorsque les deux classements sont totalement conformes et la valeur –1 lorsqu'ils sont exactement opposés. Les mathématiciens en proposent deux : les coefficients de Spearman et de Kendall, le second est le plus commode.

Dans une savane de Côte d'Ivoire, une analyse par points quadrats a donné les résultats réunis dans le tableau V.5 où la seconde colonne contient le nombre de présences, la troisième le nombre de contacts, puis le rang dans un classement par ordre décroissant des présences et enfin celui des contacts, compte tenu des égalités. Si les classements sont exactement conformes, la première valeur de la colonne 5 est suivie de 18 valeurs plus grandes, la seconde de 17, etc. La sixième colonne indique combien il y a en fait de valeurs plus grandes derrière chaque valeur de la colonne 5, la dernière, combien il y en a de plus petites.

Soit D la différence entre les sommes des colonnes 5 et 6 :

$$D = 146 - 11 = 135$$

Cette valeur D est comparée à celle qui correspondrait au classement conforme :

$$D' = \frac{n(n-1)}{2}$$

par

$$T = \frac{D}{D'}$$

qui est le coefficient de corrélation de rang de Kendall. Mais, comme il y a des égalités dans les classements D' doit être corrigé en D" :

$$D'' = \sqrt{D - T1}\,\sqrt{D - T2}$$

avec

$$Ti = 0{,}5\sum t\,(t-1)$$

Ici, dans chaque classement il y a 4 duplets pour lesquels t=2 et 1 triplet (t=3) de valeurs égales, donc

$$T1 = T2 = 0.5\ [4(2(2 - 1))\ +\ 3(3 - 1)] = 0.5\ (6\ +\ 8) = 7$$

$$D'' = \sqrt{171-7}\ \sqrt{171-7} = 164$$

en définitive, le coefficient de corrélation de Kendall est :

$$T = \frac{135}{164} = 0{,}823$$

De tels coefficients sont d'un calcul facile mais fastidieux, toutefois, les bons logiciels statistiques comportent un module qui en permet le calcul rapide. Ces coefficients sont, dans ce type de comparaison toujours très élevés ; dans une autre savane de Côte d'Ivoire nous avons trouvé 0.903, 0.924 dans une steppe de *Stipa tenassissima* des hauts plateaux d'Algérie, 0.945 dans un pâturage du Jura, et 0.982 dans une prairie de Hollande.

533.1 - Lois de contributions

Il existe entre recouvrement, biovolume, biomasse et hiérarchie (CSP, CSC, CSM et rang) des relations d'inégalité ; ces relations permettent, en les prenant deux à deux, de dégager les quatre lois suivantes (tableau de la page suivante). Ces diverses lois peuvent naturellement être vues de façon simultanée (figure V.14)

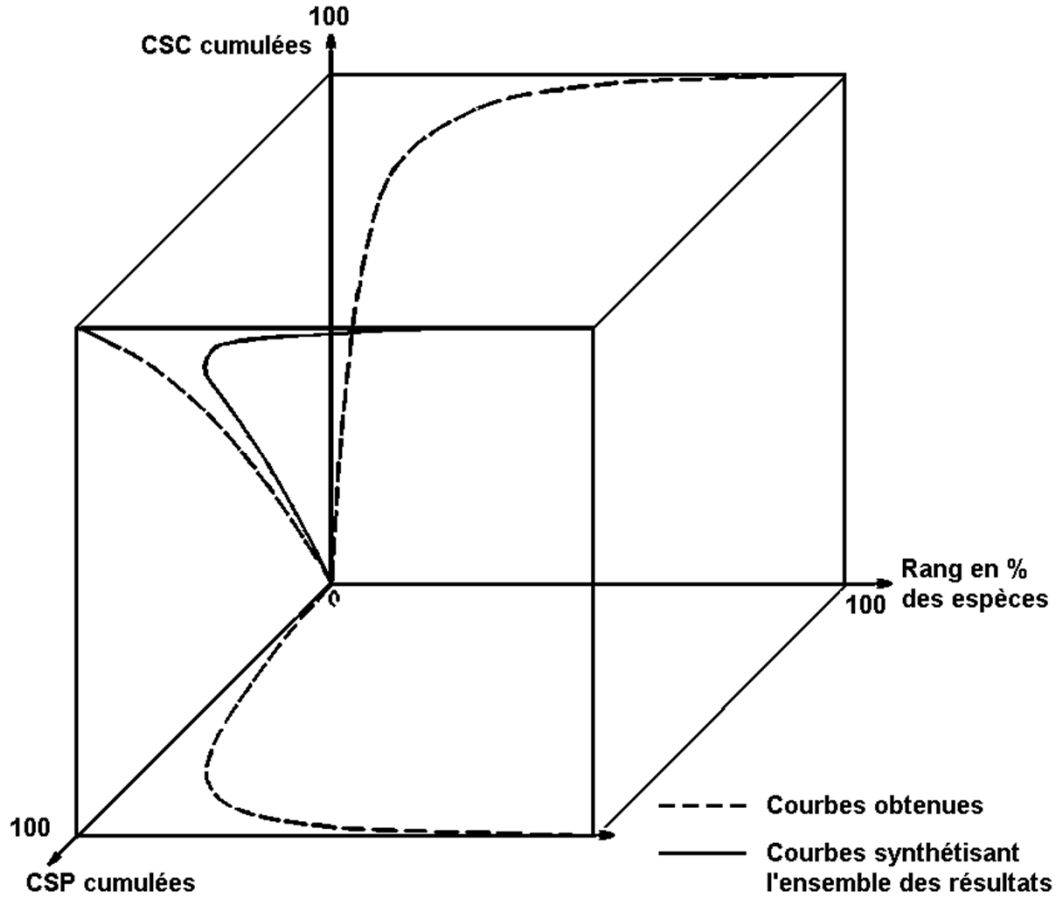


Figure V.14 - Synthèse tri-dimentionnelle des lois de contributions CSP/CSC/ CSM

Lois de contributions

1 - 80% de l'ensemble des présences observées sont dues à 20% seulement des espèces (rang vs CSP).

2 - 15% des espèces constituent 85% du biovolume et de la biomasse du gazon (rang vs CSC ; rang vs CSM).

3 - à 45% de l'ensemble des présences observées correspondent 55% du biovolume ou de la biomasse (CSP vs CSC ; CSP vs CSM).

4 - les espèces participent de la même façon au biovolume et à la biomasse (CSC vs CSM).

Leur validation sur le terrain n'est possible que si toutes les espèces sont bien distinguées et qu'aucun regroupement n'a été effectué arbitrairement. Ceci fait, on constate qu'elles ont un caractère très général indépendant de la nature phytosociologique des formations prises comme objet d'observation, de son biotope, de sa taille et de son niveau de production.

533.2 - Lois des productions spécifiques

Une des caractéristiques structurales des communautés végétales pâturées en équilibre fonctionnel est le système de relations de dominance existant entre les espèces présentes. Il se traduit par trois lois structurelles nouvelles entre les espèces recensées sous 100 points et le nombre d'espèces total de la station.

1 - le nombre d'espèces présentes sous les points quadrats est égal aux 2/3 du nombre total d'espèces.

2 - le nombre d'espèces productrices est égal à 50% du nombre total d'espèces.

3 - le nombre d'espèces très productrices est égal à 20% du nombre total d'espèces.

5.4 - Relation d'équilibre

54.1 - Nature des relations

541.1 - Exemple d'un cas concret dans le Cantal

Les premiers éléments de l'analyse des relations d'équilibre seront présentées à partir de l'examen du cas d'un pâturage situé sur les plateaux basaltiques du Cantal à 950 mètres d'altitude. C'est un pâturage exploité de façon traditionnelle depuis de longues années avant les observations. La charge qu'il supporte est relativement constante d'une année à l'autre et au cours de la saison de végétation ; les soins d'entretien se réduisent à une coupe des refus annuelle, à la fin de l'automne. Les données analysées correspondent à l'étude de 48 séries de 50 points quadrats régulièrement répartis sur 168 m^2. Le tableau 4.6 donne la liste des espèces trouvées et leur fréquences.

La distribution des logarithmes des effectifs ne s'écarte pas significativement d'une distribution normale dont les paramètres ont pour valeur :

Tableau V.6 - Liste des espèces avec les fréquences spécifiques observées avec 2400 points-quadrats dans un pâturage du Cantal (France)

Espèces	**Eff.**	**Especes**	**Eff.**
Festuca rubra	1962	*Potentilla verna*	52
Agrostis vulgaris	1521	*Pseudoscleropodium purum*	45
Trifolium repens	964	*Stellaria graminea*	45
Luzula vulgaris	624	*Ajuga reptans*	34
Poa pratensis	508	*Plantago lanceolata*	22
Conopodium majus	374	*Deschampsia coespitosa*	12
Trisetum flavescens	278	*Lotus corniculatus*	11
Galium verum	228	*Ranunculus acer*	10
Phleum nodosum	164	*Thymus serpyllum*	9
Ranunculus bulbosus	161	*Rumex acetosa*	8
Cynosurus cristatus	136	*Hieracium auricula*	7
Cerastium coespitosum	133	*Hieracium pilosella*	5
Anthoxantum odoratum	119	*Genistella sagittalis*	4
Brachytecium albicans	97	*Holcus lanatus*	3
Campanula glomerata	96	*Taraxacum officinale*	3
Achillea millefolium	93	*Alchemilla vulgaris*	2
Carex caryophyllea	85	*Psychomitrella sp.*	2
Trifolium pratense	63	*Galium commune*	1
Rhitidiadelphus squarrosus	61	*Mnium affine*	1
Veronica chamaedris	61	*Viola canina*	1
Total			8005

$$m = 1.70 \text{ et } s2 = 0.72$$

Il s'agit donc d'un échantillon représentatif d'une population dans laquelle la distribution des fréquences spécifiques se fait selon une loi de Galton :

$$G(1.70 ; 0.72)$$

Selon les économistes et les sociologues qui appliquent ce type de loi aux populations (humaines) qui font l'objet de leurs recherches, tout se passe comme si l'on avait affaire à un groupe de taxons devant se partager les potentialités phytotrophiques du milieu, chacun ayant, à un niveau différent, les attributs qui influent sur l'ampleur de ses exigences. Une autre interprétation peut être proposée, c'est qu'en raison du mode de dispersion des espèces, le nombre de migrules (diaspores, rhizomes, stolons...) est d'autant plus important que le nombre d'individus pré-existants est plus élevé à cet emplacement.

En tous cas, ce type de loi implique que les réactions des espèces à tel ou tel élément du milieu ne sont pas indépendantes de leurs fréquences, mais leurs sont proportionnelles ; en d'autres termes, lorsque deux espèces **A** et **B** réagissent au laboratoire de la même manière à un certain élément du milieu et ont pour fréquences respectives 100 et 1000, si une variation de cet élément entraîne une différence de 10 pour la fréquence de **A**, celle de **B** présentera une différence de 100..

54.2 - Evolution des relations d'équilibre

542.1 - Un cas d'hétérogénéité exogène

Le tableau 4.7 donne la liste des espèces trouvées dans un pâturage des Bauges en Savoie avec les fréquences obtenues à l'aide de 48 séries de 50 points-quadrats. Ces 46 espèces peuvent être regroupées en 14 octaves ; il apparaît une distribution bimodale qui se traduit sur un **graphique de Henry** par une ligne brisée (figure 4.14). Cette courbe peut être considérée comme la somme de deux courbes normales ; il serait possible, à partir de la liste des valeurs du tableau, de calculer les éléments des deux courbes ; il est plus simple, et dans la pratique largement suffisant, de procéder par ajustement graphique (On pourra se reporter à Day (1969) ou à Court (1949) *in* biblio pour les méthodes de calcul utilisables). Dans le cas présent, cet ajustement permet de montrer qu'à la probabilité de 0.90, la distribution initiale des fréquences spécifiques peut être considérée comme la somme de deux distributions log-normales :

$$G1(1.09 ; 0.60) \text{ et } G2(2.73 ; 0.25)$$

La seconde courbe correspond aux espèces les plus fréquentes ; or, l'examen de la liste du tableau 4.7 montre, qu'en se référant aux caractéristiques écologiques des plantes prairiales, 11 des 12 premières espèces réagissent positivement et de manière importante à l'apport d'azote, et que, parmi elles, 5 sont franchement nitrophiles. Il est possible d'établir.

Tableau V.7 - Liste des espèces et des fréquences spécifiques observées avec 2400 points-quadrats dans un pâturage des Bauges (Savoie)

Espèces	Eff.	Espèces	Eff.
Taraxacum officinale	1373	*Sanguisorba minor*	17
Heracleum sphondylium	932	*Phyteuma spicatum*	15
Poa trivialis	856	*Veronica chamaedris*	14
Festuca pratensis	839	*Vicia cracca*	11
Trifolium repens	833	*Alchemilla vulgaris*	11
Dactylis glomerata	822	*Salvia pratensis*	10
Ranunculus acer	577	*Avena pubescens*	10
Festuca rubra	389	*Leontodon hispidus*	6
mousses	324	*Ajuga reptans*	4
Trisetum flavescens	321	*Galium communis*	4
Tragopogon pratensis	223	*Medicago lupulina*	4
Colchicum automnale	177	*Vicia sepium*	4
Campanula rhomboidalis	157	*Achillea millefolium*	3
Knautia arvensis	157	*Ranunculus bulbosus*	3
Holcus lanatus	83	*Brunella vulgaris*	2
Rumex acetosa	63	*Crepis biennis*	2
Galium mollugo	58	*Lolium perenne*	2
Trifolium pratense	46	*Plantago lanceolata*	2
Lathyrus pratensis	42	*Poa pratensis*	2
Silene inflata	36	*Bellis perennis*	1
Pimpinella saxifraga	32	*Arabis hirsuta*	1
Carum carvi	31	*Galium verum*	1
Chrysanthemum leucanthemum	28	*Lotus corniculatus*	1
Total			8529

un indice de réaction du gazon d'un pâturage à l'azote du même type que la valeur pastorale à partir des indices d'Ellenberg et des contributions spécifiques :

$$IA = \frac{\sum_{n} Ia_i \times CSP_i}{k \sum_{n} CSP_i}$$

dans lequel $\mathbf{Ia_i}$ est l'indice relatif à l'azote de l'espèce **i**, $\mathbf{CSP_i}$ est la contribution spécifique de cette espèce et **k** la valeur maximale que peut atteindre cet indice spécifique.

Dans le cas étudié ici, cet indice est supérieur à 0.75 pour les deux premières classes, ce qui traduit une forte réaction à l'azote ; il est inférieur à 0.30 pour les autres classes, ce qui traduit une relative indifférence à l'azote. Il faut ajouter que 3 des 12 premières espèces sont des indicatrices d'un certain surpâturage, alors que les autres sont plutôt indicatrices d'un régime de fauche.

Une enquête sur les facteurs de production a montré que cette parcelle reçoit au printemps de très fortes doses de purin puis fait l'objet d'un déprimage précoce important au moment où la communauté est le plus vulnérable ; il lui succède une fauche estivale. Bien que renouvelée tous les ans, ces actions alternées ne sont pas suffisamment constantes pour permettre l'obtention d'un équilibre.

542.2 - Hétérogénéité endogène

Il y a une possibilité **d'hétérogénéité endogène** due à la composition même de la flore. C'est ainsi que dans une lande de *Calluna vulgaris* sommitale de la Margeride de Lozère, la distribution des fréquences spécifiques obtenues à l'aide de 512 prises peut être assimilée à la somme de deux distributions de Galton :

$$G1(1.02 ;\ 0.54) \text{ et } G2(2.35 ; 0.14)$$

La seconde de ces courbes élémentaires correspond à *Calluna vulgaris* et aux espèces qui l'accompagnent (qui poussent à son pied, sur son humus) ; l'autre correspond à une série d'espèces caractéristiques du milieu (sec, froid et pâturé). Ce sont ces espèces qui changent quand on aborde un autre milieu dans ces landes.

55 - Indice foliaire

L'indice foliaire (le **LAI** pour Leaf Area Index) est un critère très utilisé par les physiologistes qui étudient la production primaire des phytocénoses et par les agronomes qui étudient l'influence des apports azotés sur la dimension des feuilles. Cet indice est la rapport de la surface assimilatrice à la surface du sol, ou le nombre de mètres carrés de surface assimilatrice par mètre carré de sol. Cette surface est «relativement» facile à déterminer dans les formations arbustives en défoliant les arbres et les arbustes et en planimétrant les feuilles (voir paragraphe 355.2).

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

$$LAI = 0.23C_{13} + 0.78C_{52}$$

où $\mathbf{C_a}$ est le nombre de contacts enregistrés avec une aiguille inclinée à **a** degrés.

5.6 - Densité

La **densité** est définie comme le nombre d'individu d'une espèce ou d'une catégorie de plantes par unité de surface. Pour le pastoraliste, elle s'exprime comme le nombre de pieds à l'hectare. On dira que la densité des *Acacia raddiana* est de 27 ou de 27 pieds à l'hectare ; de la même manière celle des ligneux est de 325 ou de 325 pieds à l'hectare. L'appréciation de la densité est indispensable au pastoraliste qui tente d'évaluer les potentialités pastorale des steppes et savanes boisées en raison de la consommation par les animaux, sauvages autant que domestiques, des arbres fourragers qui apportent un complément protéinique et en éléments minéraux indispensable en saison sèche où la végétation herbacée ne donne que de la cellulose presque pure. Ces arbres fournissent aussi une assurance pour les périodes de disette dues à une saison sèche se prolongeant plus qu'elle ne le fait habituellement.

La densité peut être appréciée par deux approches différentes : directement par les dénombrements et indirectement par la méthode des distances.

56.1 - Dénombrements

561.1 - Dénombrements exhaustifs

En premier lieu, il est possible de procéder à un dénombrement exhaustif qui consiste à compter tous les pieds de chaque espèce ligneuse non dans la station dont la taille est.

toujours trop grande, mais dans un carré de 100 mètres de côté, donc dans un hectare. Ces dénombrements sont d'une réalisation délicate en raison de l'importante diversité de la flore ligneuse ; par ailleurs, il reste à savoir si l'hectare analysé est convenablement représentatif des surfaces, en général très étendues, qu'il s'agit de caractériser, d'autant que l'importance de la tâche à accomplir interdit de renouveler plusieurs fois l'inventaire.

561.2 – Échantillonnage

Pour cette raison, il est parfois envisagé de n'analyser qu'une petite surface, de 1 à 9 ares (des carrés de 1 à 3 décamètres de côté), mais de renouveler l'analyse sur plusieures surfaces. De la sorte, on dispose de **n** échantillons pour représenter la steppe à analyser. Ces échantillons peuvent être disposés en ligne, contigus ou espacés, ou de manière aléatoire dans l'aire inventoriée, mais sans recouvrement..

Sous l'hypothèse d'une répartition **homogène** des tiges dans cette aire, l'effectif des échantillons suit une **loi de Poisson** dont les moyenne et variance peuvent être "approximées" par celles de l'échantillon. Pour une approximation satisfaisante, les traités de statistique recommandent 30 unités d'échantillonnage ; dans la pratique, c'est beaucoup et il est rarement possible de dépasser la dizaine. En fait, la répartition homogène est rarement réalisée. Dans les populations naturelles, il s'agit le plus souvent de répartition agrégée, parfois de répartition sur-dispersée. Dans les populations artificielles, les plantations, il s'agit de répartition régulière. Dans les deux cas, les effectifs ne suivent plus une loi de Poisson mais une **loi binomiale négative**.

Pour discriminer ces situations, il suffit de calculer l'indice de dispersion sur l'échantillon. Il s'exprime par :

$$d = \frac{VAR}{MOY}(k-1)$$

où **k** est le nombre d'unité d'échantillonnage (donc de carrés). Il prend la valeur k - 1 dans le cas de la loi de Poisson, une valeur inférieure dans les cas de sur-dispersion et supérieure dans les cas de sous-dispersion, donc d'agrégation. Le degré de signification de l'écart calculé est calculé par référence à un χ^2 à k - 1 degrés de liberté.

$$\chi^2 = \frac{d}{k-1} = \frac{VAR}{MOY}$$

La mise en oeuvre du test est très simple. Supposons que l'inventaire de 5 carrés ait donné les valeurs suivantes : 12, 18, 25, 5 et 32 tiges, la moyenne est 18,4 ; on calcule :

$$\chi^2 = \frac{n_i - m}{m} = \frac{6{,}4^2 + 0{,}4^2 + 6{,}6^2 + 13{,}2^2 + 13{,}6^2}{18{,}4}$$

$$\chi^2 = \frac{449,2}{18,4} = 24,4$$

aux seuils de 5 et de 1% les valeurs liminaires sont respectivement de 11,1 et 15,1 ; 24,4 étant supérieur au plus élevé de ces seuils le χ^2 est hautement significatif. En d'autres termes, il y a moins d'une chance sur 100 que les 5 valeurs observées soient la traduction d'une répartition homogène des tiges ligneuses dans la station ; cette hypothèse doit donc être rejetée en faveur de celle d'une distribution agrégative.

Mais, en raison des risques de première et de seconde espèce, avoir trouvé une différence significative sur un échantillon signifie qu'il est improbable que la répartition des tiges soit homogène, mais c'est malgré tout possible ; avoir trouvé une différence non significative signifie qu'il est vraisemblable que la répartition des tiges est homogène, mais il est possible qu'elle ne le soit pas. Les statisticiens ont mis au point des méthodes pour se prémunir contre ces deux risques, mais elle seraient d'une mise en place trop lourde dans la pratique quotidienne du terrain. Une règle empirique peut être suivie :

1. Faire 10 observations
2. Répartir les résultats en 2 lots de 5 qui sont traités de la manière qui vinent d’être exposée

3. Si les deux lots donnent le même résultat : rejet ou non de l'homogénéité, il est retenu comme définitif.
4. Si les résultats sont différents, un troisième lot de 5 vient trancher.
5. Si l'homogénéité est retenue, la densité est immédiatement: D = 100 MOY (MOY étant ici la moyenne des valeurs observées).
6. Si elle ne l'est pas, deux voies peuvent être suivie ; la première, la plus simple, consiste à retenir la médiane des valeurs utilisées, MED : D = 100 MED

l'autre est de calculer les fréquences des différents effectifs à partir de la fonction binomiale négative de mêmes paramètres ; c'est une affaire de spécialiste..

56.2 - Méthodes des distances

562.1 - Formules usuelles

Le calcul de la densité par la **«méthode des quadrats centrés sur point »,** QCP" ou par la « **méthode du plus proche individu** », PPI, se heurte à des divergences pouvant être importantes entre la densité calculée par les formules du paragraphe 3.11 et la "densité vraie" obtenue par dénombrement exhaustif. .

Tout d'abord, iḷ faut bien voir que cette méthode ne peut être appliquée qu'à des végétaux aisément dénombrables et faciles à distinguer, donc, en général, pas à des graminées ni aux espèces constituant le fond du tapis végétal dans des formations denses ; elle n'est donc pas générale.

Ensuite, il faut que la végétation soit "homogène". Souvent ce terme est pris comme synonyme de "répartis au hasard', c'est-â-dire selon la loi uniforme, ou plus brièvement que il s'agisse d'une répartition uniforme. Parfois confondue avec la répartition régulière, la répartition uniforme est telle que les individus de l'espèce examinée aient une probabilité d'occurrence égale en toute unité de surface de la station. Il est clair qu'une végétation peut être homogène pour une espèce et ne pas l'être pour une autre. Il y a des méthodes pour analyser les écarts à l'homogénéité d'une végétation, mais, au plan phytosociologique, elle est le plus souvent appréciée à l'œil.

Les problèmes rencontrés dans l'utilisation de la **«plot-less method»** pour l'estimation de la densité ont pour origine la structure irrégulière de la répartition des tiges dans l'espace. Mais la conclusion de Piélou : "*It is not possible in practice to estimate density of natural population of organisme ... distance measurement alone are not enough and we must also carry out quadrat sampling or complète count of population*" est excessive comme le montre le paragraphe suivant.

562.2 - Un estimateur de la densité

Comme la densité reste très employée pour évaluer le volume de matière combustible en sous-bois ou la biomasse utilisable par les herbivores sauvages ou domestiques par émondage, des chercheurs américains ont proposé l'emploi d'un estimateur de la densité fondé sur les mesures de distances orthogonales MDO (voir paragraphe 3.11.5.2)

5622.1 – L'estimateur

La densité **D** peut être "approximée" par :

$$D = \frac{n f(0)}{2L}$$

Expression dans laquelle n est le nombre de mesures, L la longueur du transect. On prend habituellement n = 40 et L = 1000. f(0) est donné par :

$$f(0) = \frac{1}{w} + \sum_{k} \frac{2}{n\,w} \sum_{j} \frac{4\,\pi\,Z(j)}{w}$$

(où les cosinus s'introduisent par l'intermédiaire des séries de Fourier).

La formule peut paraître complexe, surtout que les angles sous le signe cosinus doivent être exprimés en radians, mais le petit programme ci-dessous montre, par sa brièveté, qu'il n'en est rien.

```
 20 A(1)=0 : A(2)=0 : A(3)=0
 30 Y=0 : W=65 : N=40 : L=1000
 50 FOR I=1 TO N
 60       INPUT "Distance"; Z
 70       FOR J=1 TO 3
 80            T=J* *Z/W
 90            T=COS T
110            Y=Y + T
120       NEXT J
130 NEXT I
140 K=(1/W) + ((Y*2)/(W*N))
150 D=N*K/(2*L)
160 PRINT "Densite  = ";D
170 PRINT "Individus par ha : ";D*10000
180 END
```

5622.2 - Exemple

Dans une population dont la densité vraie est de 5,04 par hectare, les 40 distances mesurées sur 1 kilomètre sont :

```
24,10 10,98  8,30 48,56 48,05
32,92 43,20 27,61 32,68 17,48
 8,53 27,26 25,25 23,56 14,99
36,76 14,27 16,25 24,78 37,84
 2,14 61,88 59,69 44,42  5,32
37,61 36,33 25,31  6,94 27,73
 0,0   5,99  3,05 13,18 23,71
43,16 16,28  9,06 41,01  7,95
```

l'application à ces données des relations précédentes donne

$$D = 0{,}0044923 \text{ soit } 4{,}49 \text{ individus.ha}^{-1}$$

par rapport à la densité vraie de 5,04, l'erreur relative est de 11% ce qui est assez faible en regard des erreurs relevées après l'application de la méthode des centres alignés.

5.7 – Arbres fourragers

Ce qui intéresse le pastoraliste quand il s'agit d'arbre fourrager, c'est la quantité de feuillage qu'il peut fournir pour l'alimentation du bétail. Or, cette quantité est très difficile à évaluer parce qu'elle est très sensible :

à l'intensité de la lumière qui parvient au houppier,

aux précipitations de l'année en cours et même des années précédentes

à la densité du peuplement,

à l'âge des arbres

à la forme et la taille du houpier

et aux prises antérieures.

Il en résulte que les estimations sont sujettes à des erreurs importantes.

57.1 – Approche morphologique de la production

Pour caractériser la production de feuillage en fonction de la structure de l'arbre, il faut en premier lieu disposer de mesures de cette production. Pour cela quelques branches "représentatives" sont coupées sur un petit nombre de pieds ; leurs feuilles sont retirées, séchées et pesées. La production de l'arbre est évaluée à partir du nombre de ses branches. Cette donnée acquise, elle est mise en relation avec la structure de l'arbre résumée par quelques paramètres : diamètre, hauteur du tronc, diamètre du houppier, etc. Le plus souvent, c'est le diamètre du tronc qui est retenu parfois au carré.

Compte tenu de la grande variabilité morphologique des espèces, une relation est établie pour chacune d'elles. Mais ces estimations sont peu satisfaisantes. Dans certains cas, il apparaît que la masse du feuillage d'un pied tend asymptotiquement vers un maximum de l'ordre de 40 kgMS selon une relation qui a été assimilée à une branche d'hyperbole. Dans d'autres, la relation est linéaires. Dans d'autres enfin elle a une stucture exponentielle du type

$kgMS = 0.5\ e^{2.35}$ pour *Acacia raddiana*
$kgMS = 2.36\ e^{1.15}$ pour *Anogeissus leiocarpus*

Une autre approche a été proposée. Elle consiste à mesurer **l'indice foliaire** de la formation qui correspond au total des surfaces foliaires rapportées au mètre carré de sol. Le mode de mesure a été décrit au paragraphe 46,5

Enfin une dernière école préfère procéder à partir de modèles fondé sur la **géométrie stochastique** et le **processus de Poisson**. Le feuillage de chaque arbre est représenté par un disque, de rayon fixe ou variable selon les arbres. Les feuilles sont ensuite placées sur ce disque avec une densité de moins en moins grande à mesure qu'on s'éloigne du tronc. Le modèle de feuillage est ainsi formé de la réunion de toutes les feuilles. L'estimation du LAI découle ensuite des paramètres estimés.

57.2 – Approche climatique de la production

572.1 – Production de feuillage

En première approximation, la production de feuillage par les végétaux ligneux augmente de 2 $kg.ha^{-1}$ quand les pluies augmentent de 1 mm ; cependant des mesures de terrain conduisent à la relation moins optimiste :

$$MSf = D75\ (1{,}68\ P - 93{,}5)$$

D75 signifie qu'en dessous de 75 mm de pluies, la production de feuillage, MSf, en kilogrammes de matière sèche par hectare et par an, est pratiquement nulle et qu'au-dessus de ce seuil, elle suit la proportionnalité indiquée par la parenthèse, soit environ 1,7kg.ha-1.mm- 1. Il apparaît que l'efficience du millimètre de précipitation est deux fois plus faible pour la production de feuillage que pour celle de végétation herbacée, mais l'intérêt de cette fraction de la production primaire est qu'elle met à disposition du pasteur une biomasse consommable disponible quand les animaux ont utilisé toute la biomasse herbacée, donc en fin de saison sèche ; de plus, il s'agit d'une biomasse plus riche en oligoéléments et en azote que la végétation herbacée, essentiellement graminéenne.

L'inconvénient est que les ligneux sont d'autant plus rares que le climat est plus aride et qu'une partie notable de la biomasse produite est hors d'atteinte des animaux. En effet, les pastoralistes estiment que seule la fraction située en dessous de 1,2 m est accessible aux moutons, en dessous de 2 m aux bovins et de 3,5 m aux dromadaires. En ce qui concerne les caprins, la fraction utile est la même que celle des ovins mais ces animaux ont la possibilité de consommer des feuillages délaissés par les ovins et même, dans certains cas d'escalader certains ligneux. Enfin les animaux sauvages ont des possibilités nettement plus larges. Les girafes peuvent atteindre les parties hautes du feuillages des ligneux de la savane, les éléphants peuvent abattre les arbres qu'ils convoitent...

Et bien entendu, le pasteur peut en faire autant ! Sous climat tempéré, les herbages étaient bordés d'alignement de *Fraxinus exelsior* dont les éleveurs coupaient les branches au ras du tronc à la fin de l'été et les laissaient au sol à la disposition du bétail, le plus souvent des bovins**.** Ces derniers consommaient les feuilles riches en hydrates de carbone avant de rentrer à l'étable pour l'hiver ; les arbres ainsi émondé prenaient une forme particulière parfois appelée trogne (fig. V.15) En régions sahéliennes, les pasteurs ont de pratiques de même ordre, mais ils coupent les branchette au ras des grosses branches ce qui donne aux arbres ainsi émondés une structure particulière (fig. V.16)

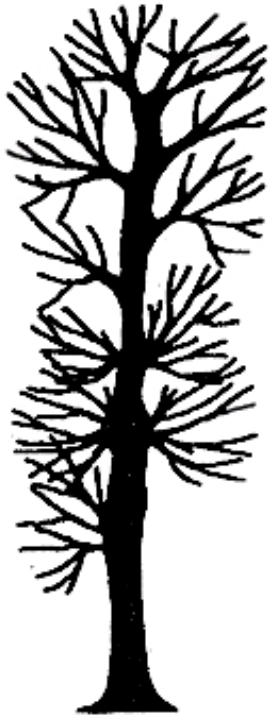


fig. V.15 – Dessin d’un « arbre d’émonde »
Extrait d’Internet

fig. V.16 – Arbre émondé au Sahel
(photo B. Toutain)

572.2 – Production de semences

Certaines semences de plantes herbacées et fruits secs de certains arbres sont récoltées par les habitants pour leur consommation. Dans des situations extrêmes, on a vu du bétail ne subsister que par la consommation des graines et des fruits répandues sur le sol sous les arbres, toute autre forme de végétation ayant disparu. Bien entendu, il n'y a production de semences que si a végétation est présente ; il y a donc une liaison entre ces deux productions.

En définitive, la production moyenne de semences MSs exprimée en kilogrammes de matière sèche par hectare et par an est reliée aux précipitations par :

$$MSs = D75\ P$$

En d'autres termes la production de matière sèche des semences augmente de 1 $kg.ha^{-1}.an^{-1}$ pour chaque millimètre de pluie supplémentaire dès qu'il y a production d'herbe donc dès que les précipitations sont supérieures à 75mm.

5.8 - Enracinement

58.1 - Quelques cas concrets

581.1 - Exemple d'une savane de Guinée

Trois séries de prélèvements ont été effectués dans une savane à *Hyparrhenia diplandra* de la région du mont Nimba. Ces prélèvements, portant sur 0.04 m2, ont été faits selon des strates de 5 cm jusqu'à 60 cm de profondeur. Le tableau V.8 en rapporte les résultats.

Tableau V.8 – Profils racinaires dans une savane de Guinée en grammes

Strates	1	2	3
0-5	7	18.4	13
5-10	4	14	10
10-15	1	4	2.9
15-20	1	2.6	2.4
20-25	0.4	2	1
25-30	0.5	0.8	1
30-35	0.4	0.8	0.6
35-40	0.5	0.4	0.5
43-45	0.4	0.3	0.4
45-50	0	0.4	0.1
50-55	0	0.4	0.4
55-60	0	0	0.4

La quantité totale de racines est donc de :

$$\frac{91.6}{3} \times 25 = 763\ g.m^{-2} \quad ou \quad 7.63\ t.ha^{-1}$$

Il faut rapprocher ce chiffre des 17,5 t.ha^{-1} de biomasse épigée trouvée dans cette savane. La figure V.16 montre le profil de répartition de la biomasse hypogée avec la profondeur. Cette répartition est très proche de l'exponentielle

$$P = e^{3.59 - 0.36h}$$

h étant la profondeur en strate. Cette relation est hautement significative (F=210) et absorbe 95% de la variabilité totale.

Une telle répartition n'est pas rare mais n'est pas non plus la règle. On trouve aussi une répartition presque uniforme des racines dans le profil et très fréquemment une combinaison des deux.

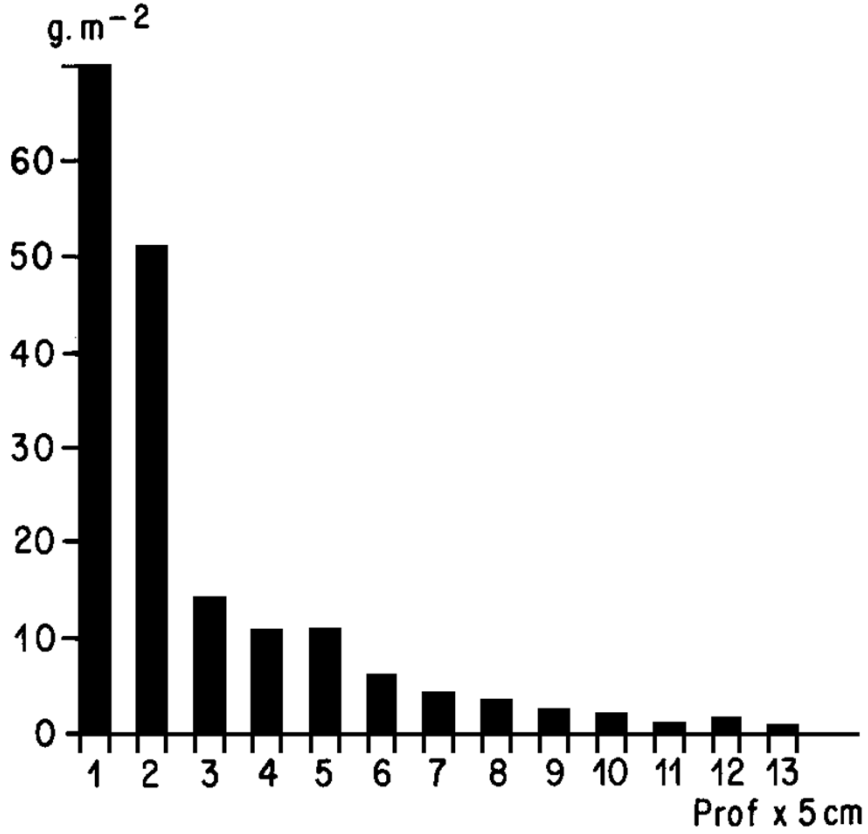


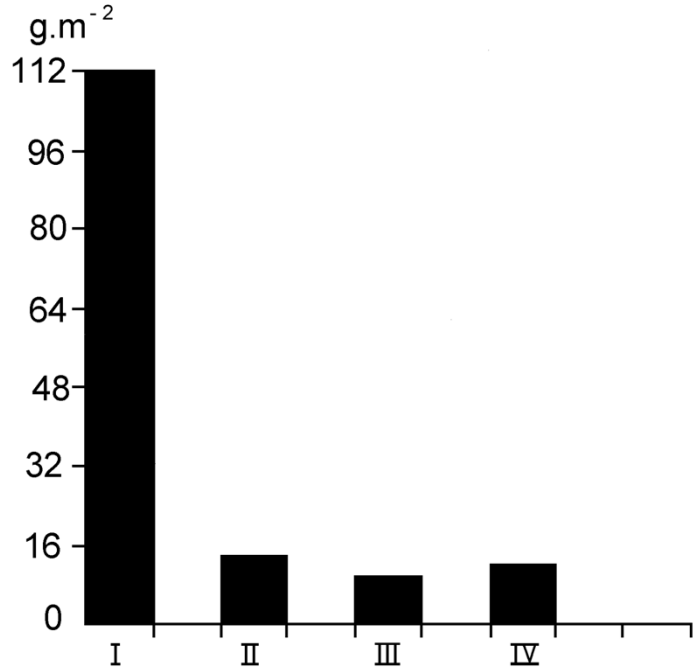
Figure V.17 – Profil racinaire d'une savane de Guinée

(redessiné d'après Fournier, 1982)

581.2 - Exemple d'une pelouse de montagne des Etats-Unis

Il s'agit d'une pelouse à *Carex douglasii* du Montana dont le profil racinaire est donné sur la figure V.18 entre 0 et 40 cm.

.



V.18 - Profil racinaire dans une pelouse de montagne du Montana
(redessiné d'après Manning *et al.*, 1989)

Bien qu'insuffisamment profond, un tel profil peut être interprété comme la combinaison d'un profil exponentiel suivi d'un profil uniforme. Une telle distribution s'achève normalement par une nouvelle exponentielle.

58.2 – L’enracinement du couvert ligneux en zone sahélienne

La quantité de racines mesurée en $mg.dm^{-3}$ à diverses profondeurs suit relativement bien une loi exponentielle de type

$$R = a\, e^{b,p}$$

Où **a** et **b** sont des coefficients et **p** la profondeur en centimètres. Sur la figure V.19 correspondant à une formation du Ferlo sénégalais a=461,1 et b = -0,022 sous le couvert arboré. Hors du couvert, les valeurs sont a = 286,7 et b = -0,01. On constate que la courbure de la fonction est plus faible

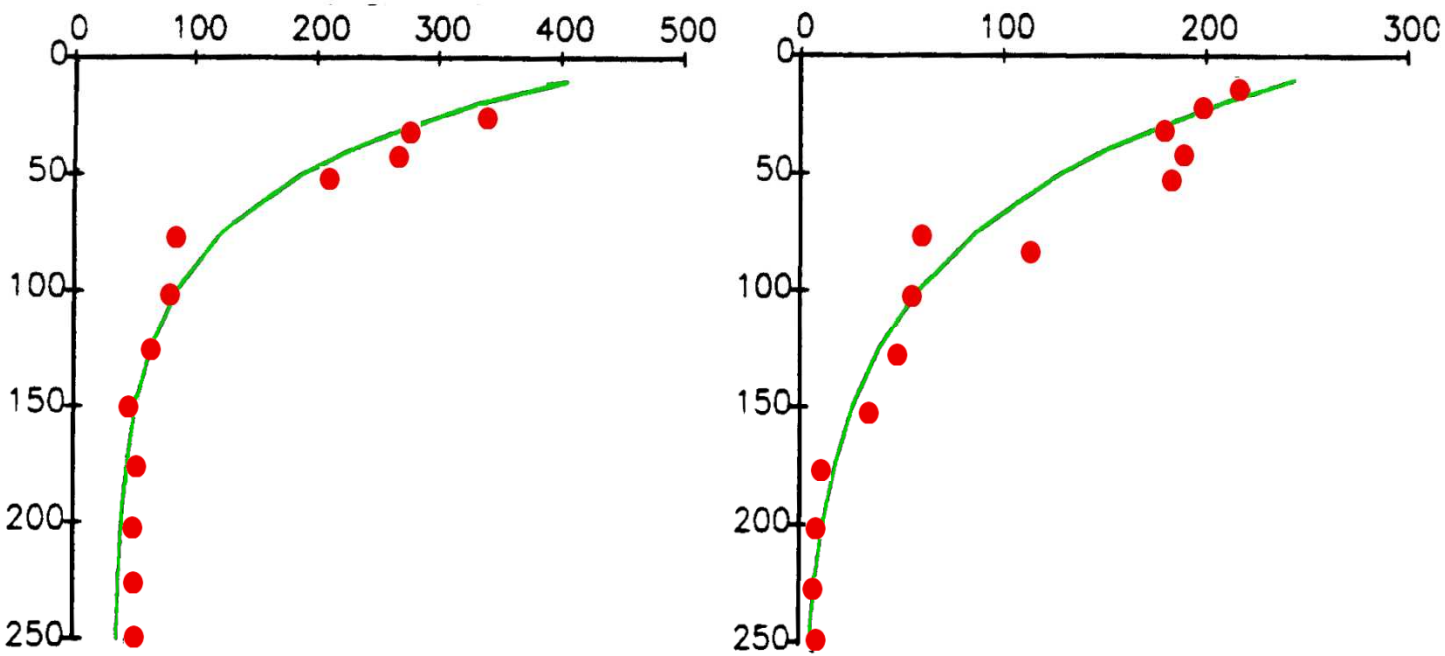


Figure V.19 – Répartition de la phytomasse racinaire (R) en fonction de la profondeur (P) dans une formation sahélienne
Redessiné d'après AKPO 1992

58.3 - Le pastoraliste et les racines

Les racines sont vivantes, elles respirent. Lorsque le sol est trop tassé, comme ce peut être le cas dans de très vieilles pelouses, elles manquent d'air en profondeur et le profil la structure exponentielle se déforme. La couche superficielle devient très dense, c’est le **pelon**. Si le tassement est encore augmenté par un surpâturage accentué, avant que la pelouse ne s'écorche, le profil racinaire change de structure et les racines deviennent excessivement abondantes dans l'horizon superficiel et trop rares en profondeur ; il en est de même dans les sols asphyxiques. Par contre, dans une bonne prairie bien gérée et sur sol sain la courbure de la courbe diminue et le profil racinaire tend vers un type uniforme.

5.9 – Etat des prairies semées

59.1 - Principes

Comme toutes cultures, les prairies semées sont instables et les techniques d'étude présentées ici permettent de caractériser et de contrôler leur état ou le niveau de réussite d'une installation. On fait des oppositions entre semis réussis/manqués, entre prairies propres/sales ; on parle aussi de la dégradation des prairies semées. Le plus souvent sans critère précis de distinction entre le salissement et la dégradation et de caractérisation de l'état du phénomène observé. Pourtant, il en existe et ils seront repris ici.

Donner d'une grandeur une évaluation quantitative suppose que l'on ait au préalable procédé à des mesures adaptées ; elles sont ici de deux ordres : les unes concernent le **salissement**, les autres la **dégradation.** Il s'agit, comme dans toutes les autres études pastorales évoquées ici, de disposer de relevés représentatifs (voir chapitres 1 et 2) et complets (voir chapitre 3), effectués à l'optimum de la végétation et **jamais** après une coupe. Ce relevé comportera la liste complète des espèces de la station et la pondération de cette liste par des **points quadrats** réalisés à l'aide de la baïonnette ou d'une technique voisine.

59.2 - Définitions

592.1 – Degré de salissement

Le **degré de salissement** des prairies semées est défini à partir de la liste floristique complète du relevé. Dans cette liste le pied unique d'une annuelle a la même importance que les milliers d'une perenne. Il s'agit donc d'une caractérisation fondée sur la **flore.**

Dans cette liste, on sépare en premier lieu la ou les espèces introduites par le semis pour ne considérer que les **adventices.**

Le degré de salissement est caractériser par le nombre d'espèces adventices dans l'aire minimale et ses extensions proches.

Les prairies sont alors qualifiées de :

- **Propres** s'il y a moins de 10 espèces adventices
- **Assez propres** s'il y en a entre 11 et 20
- **Sales** si leur effectif se situe entre 21 et 30
- **Très sales** s'il dépasse 30

592.2 – Degré de dégradation

Le degré de dégradation des prairies semées est défini à partir de la **végétation** caractériser par les diverses **contributions spécifiques** des espèces présentes de la manière suivante:

Le degré de dégradation d'une prairie semée est mesuré par la contribution des adventices à la végétation stationnelle

On a donc :

- 0,12 > D : prairies **non dégradées**
- 0,12 < D < 0.25 : prairies **peu dégradées**
- 0,25 < D < 0,50 : prairies **moyennement dégradées**
- 0,50< D < 0,75 : prairies **fortement dégradées**
- 0,75 < D : prairies **très fortement dégradées**

59.3 – Exemples pratiques

593. 1 – En régions tempérées

5931.1 - Une prairie propre et dégradée

Tableau V.9 – Une prairie semée du Massif Central (France)

Rec. = Recouvrements ; CS = Contributions spécifiques

	Rec.	CS.
Espèce semée		
Trifolium pratense	93	61
Espèces adventices		
du relevé		
Trifolium repens	27	18
Holcus mollis	11	7
Taraxacum officinale	9	6
Cuscuta officinalis	9	6
Plantago lanceolata	2	1
Poa pratensis	1	1
en extension		
Cirsium arvense	0	0
Centaurea jacea	0	0
Polygonum aviculare	0	0
Ranunculus acer	0	0

Cette formation herbacée résulte du semis d'une légumineuse pure sur un sol basaltique à 800 mètres d'altitude. Dans cette prairie, il y a 10 espèces adventices, elle est donc **propre** ; à partir de la somme des contributions des espèces adventices il vient :

$$D = 0,01\ (18\ +\ 7\ +\ 6\ +\ 6\ +\ 1\ +\ 1) = 0,39$$

Elle est donc **moyennement dégradée.**

Contrairement à ce qu'un examen superficiel aurait pu donner à penser, en effet, au cours d'un tel examen, le recouvrement important de *Trifolium pratense* (93%) aurait induit la remarque « il y en a vraiment partout donc la prairie est en bon état ».

5931.2 - Une prairie sale et peu dégradée

Ce second exemple (tableau V.10) soulignera l'indépendance entre ces deux concepts. Il s'agit cette fois d'une prairie résultant du semis d'un mélange graminées-légumineuses sur des sables granitiques à 1 000 mètres d'altitude dans le Massif Central. Avec 21 espèces adventices, cette prairie est **sale ;** la somme des contributions de ces espèces donne :

$$D = 0,01\ (4 + 3 + 3 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 + 0) = 0,19$$

Elle n'est donc que **peu dégradée**.

Tableau V.10 – Relevé d'une autre prairie semée du Massif Central (France)

Espèces semées	Rec.	CS,
Trifolium repens	38	32
Lotus corniculatus	24	20
Dactylis glomerata	19	16
Trifolium pratense	15	13
Espèces adventices		
du relevé		
Festuca rubra	5	4
Rumex acetosella	4	3
Lolium perenne	3	3
Agrostis vulgaris	2	2
Holcus mollis	2	2
Sarothamnus scoparius	2	2
Phleum nodosum	2	2
Jasione montana	1	1
Achillea millefolium	1	0
en extension		
Plantago lanceolata	*Hypochoeris radicata*	
Veronica chamaedris	*Thymus serpyllum*	
Silene inflata	*Taraxacum officinale*	
Crepis virens	*Brachythesium glareosum*	
Ceratodon purpureus	*Hieracium pilosella*	
Koeleria cristata	*Capsella bursa pastoris*	

593.2 – En régions tropicales

Tableau V.10 – Relevé d’une autre prairie semée de la région de Karakoro (Côte d’Ivoire)

Espèces semées	**rec**	**CS**
Andropogon gayanus	64	48
Stylosanthes hamata	46	35
Espèces adventices		
Tephrosia pedicellata	2	1,5
Tephrosia platycarpa	3	2,3
Panicum pansum	6	4,5
Andropogon chinensis	11	8

Cette formation semée ne présentant que 4 espèces adventices est donc une « prairie » **propre** et la somme des contribution de ces espèces est :

$$D = 0{,}01 \times (8 + 4{,}5 + 2{,}3 + 1{,}5) = 0{,}165 \bullet 0{,}17$$

Soit un degré de dégradation qui la place en seconde catégorie des **prairies peu dégradées.**

Une autre prairie plus jeune de la même région avec un semis de *Panicum maximum* et *Stylosanthes hamata* présente 23 espèces adventices ce qui la classe dans les **prairies sales** ; son coefficient de dégradation est D = 0,254 la place à le limite des **prairies moyennement dégradées**.

Chapitre 6

Valeur pastorale

Troupeau de Zébus en Guyanne française – Photo J. Huguenin

Liste des paragraphes

- **6.1 - Caractérisation des espèces du pâturage ……...6.05**
- **6.2 - Caractérisation de la végétation du pâturage ……..…..6.13**
- **6.3 – Généralisation spatiale ……..……..6.28**
- **6.4 - Discussion de la valeur pastorale ……..……..6.30**
- **6.5 - Comparaison des pâturages d'une région ……..……6.39**
- **6.6 - Valeur pastorale et plan d'amélioration ……..…..6.70**
- **6.7 - Une autre mesure de la valeur d’un pâturage ……..…6.71**
- **6.8 – Un procédé simplifié en Afrique tropicale ……..….6.75**
- **6.9 – Conclusion sur la valeur pastorale ……..…….6.78**

Introduction

Résumant une expérience déjà longue, Boitel affirmait en 1886 :

Les qualités nutritives de l'herbage sont éminemment variables, elles dépendent de l'abondance et de la nature des plantes.

L'étude de la structure de la végétation est intéressante, mais, pour l'utilisateur avide de concret, elle ne donne pas à elle seule suffisamment de résultats parlants ; aussi de nombreuses écoles pastoralistes d'Europe se sont-elles penchées sur le problème. Leurs animateurs, et tout spécialement les professeurs De Vries aux Pays-Bas et Ellenberg et Klapp en Allemagne, ont proposé le calcul d'un indice bromatologique, la valeur pastorale : **VP**, qui permet de hiérarchiser les herbages selon leur qualité et leur intérêt pour l'alimentation du troupeau. Cet indice tient compte de la composition floristique (flore), de la structure du gazon (végétation) et de l'intérêt des espèces.

6.1 - Caractérisation des espèces du pâturage

61.1 - Quelques notions générales

Les nutritionistes s'intéressant au bétail distinguent plusieurs notions permettant de caractériser l'alimentation des animaux.

L'ingestibilité mesurée par la quantité de fourrage homogène sec qu'un animal peut manger rapportée à 100 kilogrammes de masse métabolique. Elle est réglée par la vitesse de digestion dans le rumen, elle même liée à la structure du végétal, et notamment à la proportion de membranes.

L'appétibilité correspond au choix qu'en fait l'animal lorsque plusieurs fourrages de même ingestibilité lui sont présentés en libre service et en conditions identiques. Elle caractérise la végétation et dépend de son goût, de son odeur, de sa température, de sa texture et de son apparence.

L'appétence est la réponse de l'animal à un aliment ; c'est le complément de l'appétibilité et elle caractérise l'herbivore (et non la plante contrairement à ce qui est dit trop souvent).

L'acceptabilité d'une végétation (ou **édibilité** ou **palatibilité**) correspond au choix de l'animal au pâturage lorsqu'on mesure les quantités mangées sans analyser les raisons des choix. Sous l'angle animal, il s'agira de la préférence exprimée au pâturage. Il est possible de la mesurer par **l'indice de préférence** :

$$P(i) = \frac{CS(i)\,\text{Bol alimentaire}}{CS(i)\,\text{Gazon}}$$

61.2 - Indices spécifiques de qualité

On voit aisément que ces définitions ne peuvent s'appliquer à la caractérisation rapide des pâturages extensifs, en raison des mesures particulières qu'elles impliquent. Pourtant, pour traduire l'intérêt des différentes espèces de la prairie pour l'élevage, les agronomes pastoralistes français évoquent depuis quelques années l'"*appétence*" des espèces, *d'espèces appétentes* et parlent parfois de leur "*indice d'appétence*", sans d'ailleurs en avoir donné de liste ; il suffit d'ouvrir un dictionnaire comme le Littré pour voir qu'il s'agit là d'une fâcheuse confusion sémantique et d'un net mélange de notions déjà esquissé par les traductions parfois hâtives de termes anglo-saxons faites par certains nutritionnistes. L'appétence concerne l'animal qui broute et non la plante broutée ; il en est d'ailleurs de même de l'appétibilité ; on pourrait penser parler d'espèces appétissantes, mais il s'agit d'un terme moins large que ce que dénote la notion qui doit être traduite. Le terme anglais correspondant est "**palatable**" que Le Houérou a parfaitement eu raison de reprendre tel quel. Il est plus simple de parler de la qualité des espèces, ou de leur valeur bromatologique si une confusion est à craindre avec, par exemple la valeur indicatrice.

La valeur des espèces est donc donnée par un **indice de qualité spécifique** Is traduisant leur intérêt zootechnique. Cet indice a été établi de façon plus ou moins empirique et s'efforce de rendre concret, de mesurer, les appréciations portées par les pasteurs et leurs.

conseillers sur les plantes, spontanées le plus souvent, qui constituent les gazons de leurs pâturages. Il tient compte de la vitesse de croissance de l'espèce, de son édibilité*, de son assimilabilité, et de sa résistance à la dent. Le jeu des indices permet de situer les espèces les unes par rapport aux autres, des plus mauvaises aux meilleurs, dans des échelles arbitraires de 5, 8 ou 10 niveaux selon les auteurs et les régions. En ce qui concerne les prairies atlantiques et médio-européennes, nous avons adopté 5 niveaux ; mais dans les régions méditerranéennes, nous en avons pris 10.

Les principales espèces prairiales se répartissent de la manière suivante :

G5 très bonnes Graminées (ex. *Lolium perenne, Phleum pratense*)

G4 bonnes Graminées (ex. *Arrhenaterum elatius, Poa pratensis*)

G3 assez bonnes Graminées (ex. *Agrostis vulgaris, Trisetum flavescens)*

G2 Graminées moyennes (ex. *Festuca rubra, Holcus lanatus*)

G1 Graminées médiocres (ex. *Deschampsia flexuosa, Anthoxantum odoratum*)

G0 Graminées sans valeur (ex. *Nardus stricta, Molinia caerulea*)

L4 bonnes et très bonnes Légumineuses (ex. *Trifolium pratense, T. repens*)

L3 assez bonnes Légumineuses (ex. *Lotus corniculatus, Lathyrus pratense*)

* Mot d'origine anglaise que le Harraps traduit par « comestibilité » plus large que palatable

L2 Légumineuses moyennes (ex. *Trifolium campestre, Lathyrus montanus*)

L1 Légumineuses médiocres (ex. *Genista pilosa, Ornithopus perpusillus*)

L0 Légumineuses sans valeur (ex. *Genista tinctoria, Genistella sagittalis*)

Df diverses fourragères (ex. *Sanguisorba officinalis, Plantago lanceolata*)

Dn diverses non fourragères (ex. *Luzula campestris, Carex caryophyllea*)

R refus, cette catégorie comporte:

- des refus ligneux non vulnérants (ex. *Calluna vulgaris, Vaccinium myrtillus*)
- des refus ligneux vulnérants (ex. *Genista anglica*)
- des refus herbacés toxiques (ex. *Senecio adonidifolius*)
- des refus herbacés non toxiques (ex. *Nardus stricta*)

Le chiffre qui suit le **G** des graminées ou le **L** des légumineuses est l'indice de qualité spécifique. En ce qui concerne les plantes diverses, les **Df** ont habituellement la valeur 1, mais quelquefois 2, et les **Dn** la valeur 0. Tous les refus ont la valeur 0. Cela signifie que pour le bétail il est 2 fois plus intéressant de trouver 10% de *Poa pratensis* que 10% de *Festuca rubra*, ou qu'il faut 20% de *Festuca rubra* pour obtenir le même résultat que 10% de *Poa pratensis*.

Il convient ici d'apporter quelques précisions sur la notion de **refus**. Les ouvrages de praticulture n'insistent guère sur les espèces qui constituent les refus, si ce n'est pour recommander de les faucher régulièrement "parce qu'ils risquent de prendre progressivement la place des bonnes espèces". Sont considérés comme des refus, les espèces que les animaux ne consomment pas parce qu'ils sont toxiques, vulnérant, ou simplement déplaisants. Mais il s'agit d'un choix en période normale, en situation de disette, au moins relative, l'attitude de l'animal peut changer. S'il n'y a rien d'autre que du *Nardus stricta* dans la prairie, l'animal le mangera, il survivra mais sans productivité significative, ou même avec un faible baisse de poids. Parfois, certains animaux au sein d'un troupeau ont des goûts que n'ont pas tous les autres ; ils consomment des espèces habituellement refusées (figure VI.1).

Cela peut arriver aussi quand ils cherchent à se procurer du lest, c'est-à-dire un tas de matière fibreuses même non comestibles pour faire masse dans la panse lorsque l'herbe est très riche par exemple. Il s'agit toujours du comportement de l'animal au pâturage, et plus particulièrement en pâturage extensif. De nombreuses espèces ne sont pas broutées lorsqu'elles sont sur pied, mais peuvent être consommées sans inconvénient (ni beaucoup d'avantages d'ailleurs) sous forme de fourrage.

Les indices utilisés pour les prairies permanentes européennes selon t'Hart et de Vries, Klapp et Delpech, et complétés par nos soins sont donnés en annexe à cet ouvrage, ainsi que les indices utilisés pour les parcours méditerranéens européens établis par Thiault

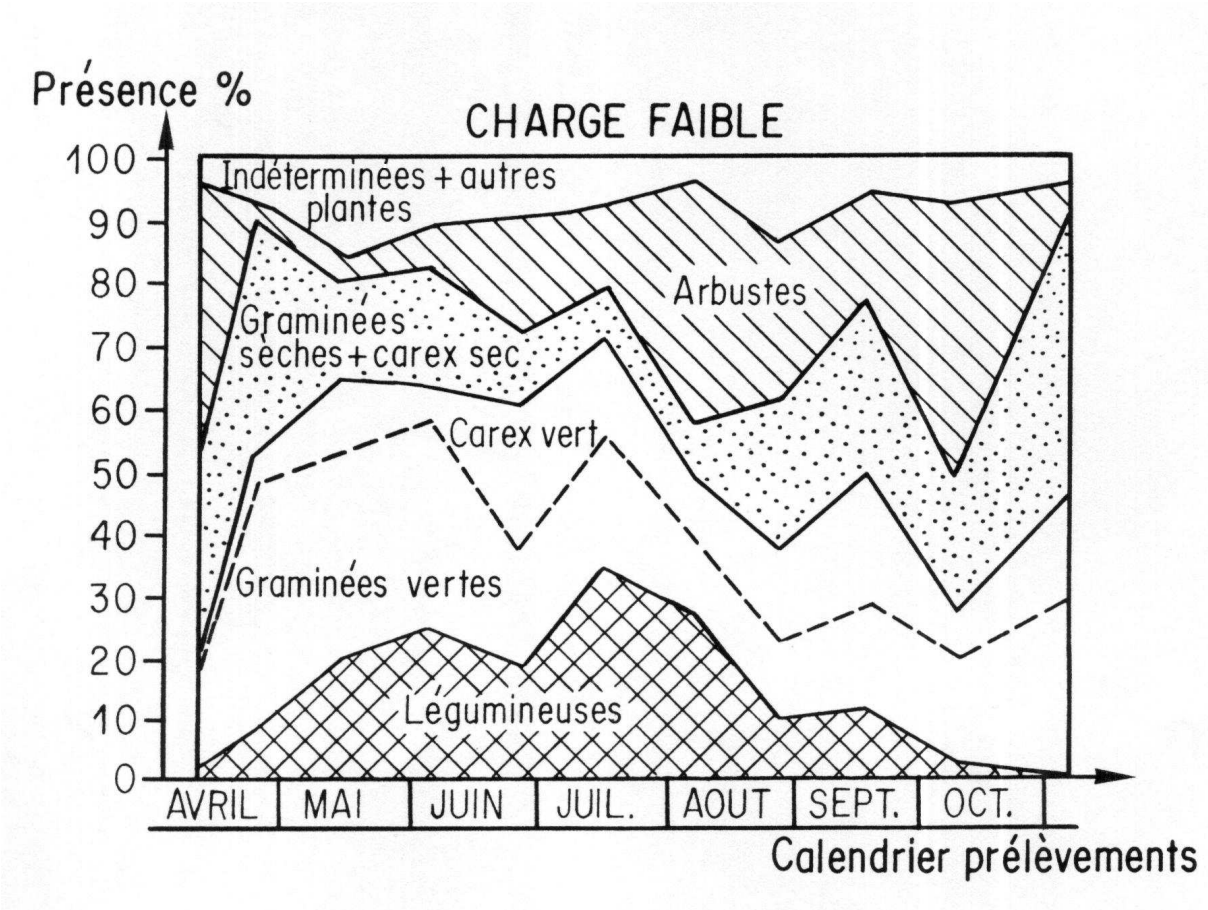


figure VI.1 - Composition de la ration de moutons dépaissant une garrigue de chêne Kermès (extrait de Molenat et al., 1976)

Poissonet et ceux qui ont été proposés pour l'Afrique du Nord selon Aidoud *et al.*, pour le Chili par Ovalle et ses collaborateurs, pour les pays de l'Afrique tropicale septentrionale Bénin par J. Poissonet.

61.3 – Un système antérieur

L'équipe du Professeur Ellenberg à Göttingen avait indépendamment mis au point un système de cotations proche de celui qui vient d'être présenté. Il classait les espèces en 4 groupes de valeur nutritive sans faire de différence entre graminées et légumineuses :

- Les **bonnes** espèces notées **G** (pour *gut*)
- Les espèces **médiocres** notées **M** (*mässig*)
- Les **mauvaises** espèces notées **S** (*schlecht*)
- Les espèces **vénéneuses** notées **gi** (*giftig*)

Nous n'avons pas conservé l'idée de caractériser à par les espèces vénéneuses parce que dans un pâturage, elles ne sont tout simplement pas consommées comme ne le sont pas les espèces épineuses non vévéneuses. Ce serait différent s'il fallait caractériser du foin ou de l'herbe coupée fournié à l'auge.

6.2 - Caractérisation de la végétation du pâturage

62.1 - Concept de valeur pastorale

Connaissant l'abondance des espèces, caractérisée par la contribution spécifique, et la nature des plantes, caractérisée par leurs indices de qualité, il est alors possible d'évaluer la végétation de l'herbe par sa valeur pastorale.

La valeur pastorale se mesure au stade de l'**optimum de végétation**, stade qui dépend des conditions climatiques générales autant que microclimatiques. Elle constitue un indice synthétique caractérisant les végétations pâturées et leur comportement au cours de l'ensemble du cycle de végétation. Des mesures faites à un autre moment de l'année que celui de l'optimum de végétation donneraient des chiffres très différents, mais qui doivent être considérés comme sans signification. C'est ainsi que les savanes des régions arides (Ferlo) ou les steppes très dégradées (Syrie), toutes deux très riches en annuelles, ont une végétation abondante à l'optimum, tandis que leur sol est nu à la fin de la saison sèche. Une caractérisation faite à ce moment là donnerait une valeur nulle incompatible avec l'existence

de troupeaux bien réels. Sans être aussi drastiques, beaucoup de végétation des régions humides présentent des phénophases importantes.

62.2 - Modalité du calcul

La détermination de la valeur pastorale tient donc compte de la constitution du gazon du pâturages et de la valeur des espèces. Le premier terme peut être représenté par l'ensemble des contributions spécifiques telle qu'elles ont étés définies au cours du chapitre précédent. La valeur pastorale est alors obtenue en multipliant les contributions par les indices de qualité correspondants puis en additionnant les valeurs obtenues.

Supposons un gazon ne comportant que des espèces de valeur nulle, alors :

$$\sum_n (CS_i \times Is_i) = 100 \times 0 = 0$$

sa valeur pastorale est nulle. A l'inverse, dans un gazon qui ne comporterait que des bonnes graminées, aurait la valeur maximale possible :

$$\sum_n (CS_i \times Is_i) = 100 \times 5 = 500$$

Pour avoir une gamme de variation s'étendant de 0 à 100, on voit qu'il suffit de multiplier les sommes obtenues par 0,2.

La valeur pastorale s'exprime donc par :

$$VP = 0{,}2\ G_n\ (CS_n\ C\ Is_n)$$

naturellement, dans les situations où les indices varient entre 0 et 10, le coefficient multiplicateur devient 0,1 et :

$$VP' = 0{,}1\ G_n\ (CS_n\ C\ Is_n)$$

62.3 - Exemples de calcul

623.1 - Valeur pastorale d'une prairie homogène

Un pâturage de la Margeride a été analysé selon les méthodes décrites précédemment, en particulier les fréquences spécifiques de ses espèces ont été relevées à l'aide de la méthode du double-mètre. Le tableau VI.1 ci-dessous comporte les résultats obtenus.

623.2 - Valeur pastorale de la végétation de steppes

6232.1 - Une steppe algérienne

Il s'agit d'une steppe de l'ouest des hauts plateaux algériens dans la Willaya de Saïda (tableau VI.2). Ici les indices variant de 0 à 10, le coefficient multiplicateur est 0,1 d'où la valeur pastorale de la végétation de cette steppe :

$$VP = 56$$

Tableau VI.1 - Mode de calcul de la valeur pastorale

Sur l'exemple d'un pâturage de la Margeride (France)

Espèces	Is	Fs	Cs	Is.Cs
Graminées				
Agrostis vulgaris	3	44	11,1	33,3
Festuca rubra	2	37	9,3	18,6
Nardus stricta	0	30	7,6	0
Danthonia decumbens	1	25	6,3	6,3
Deschampsia flexuosa	1	21	5,3	5,3
Anthoxantum odoratum	1	16	4	4
Briza media	1	11	2,8	2,8
Avena pubescens	3	7	1,8	5,4
Agrostis alba	3	3	0,8	2,4
Poa pratensis	4	1	0,3	1,2
Légumineuses				
Trifolium repens	4	9	2,3	9,2
Trifolium pratense	4	4	1	4
Lotus corniculatus	3	3	0,8	2,4
Diverses fourragères				
Plantago lanceolata	2	1	0,3	0,6
Achillea millefolium	2	4	1	2
Diverses non fourragère	0	186	45,4	0
Totaux		396	100	97,5

Tableau VI.2 - Mode de calcul de la valeur pastorale - Cas d'une steppe algérienne

Espèces	Is	Fs	Cs	Is.Cs
Graminées				
Stipa tenacissima	1	2	5	5
Légumineuses		0	0	0
Diverses fourragères				
Artemisia herba-alba	6	27,5	65	390
Plantago albicans	7	7,5	18	126
Noaea mucronata	2	1	2	4
espèces annuelles	7	2	5	35
Diverses non fourragères				
Peganum harmala	0	2	5	0
Totaux		42	100	560

6232.2 - Une steppe éthiopienne

La végétation analysée est localisée dans la vallée de l'Awash à l'est d'Addis-Ababa. Le tableau suivant réunit les éléments de calcul à partir des indices utilisés dans cette région (voir Annexe). La valeur pastorale de la végétation est en définitive de :

$$534,7 \times 0.1 = 54$$

62.4 - Valeur pastorale de l'herbe et valeur de l'herbage

La valeur pastorale qui vient d'être calculée utilise les contributions spécifiques ; ces dernières sont caractéristiques du tapis végétal en tant que tel ; cela ne pose aucun problème lorsque la parcelle analysée est aussi homogène que celles que De Vries analyse aux Pays-Bas. Mais un pâturage peut parfois être très hétérogène, et ceci de plusieurs manières.

Tableau VI.3. – Calcul de la valeur pastorale de la végétation d'une steppe éthiopienne

Espèces	Fréq.	CSi	ISi
Acacia nilotica	73,00	59,11	7
Acalypha fruticosa	18,50	14,98	3
Salvadora persica	2,00	1,62	3
Achyranthes aspera	6,50	5,26	2
Leucas jamesii	9,50	7,70	2
Cynodon dactylon	3,00	2,43	10
Ruellia patula	6,00	4,85	3
Grewia tenax	4,00	3,24	4
Abutilon fruticosum	1,00	0,81	3
	123,50	100,00	

- Il peut y avoir une présence notable de **rochers** ou de **plages de terre nue** qui diminuent la surface utilisable pour la végétation du gazon ;

- Il peut y avoir des **différences de milieu** suffisamment nettes pour que le gazon d'une partie du pâturage soit sensiblement différent de celui d'un autre emplacement.

624.1 - Présence de rochers

En région de montagne ou dans la région méditerranéenne européenne, il n'est pas rare que de nombreux rochers affleurent la surface du sol. Ainsi, dans les garrigues montpelliéraines, les valeurs du tableau suivant ont-elles été trouvées. Il en résulte que pour caractériser la valeur du pâturage **VP'**, il faut pondérer la valeur pastorale du gazon **VP** par son recouvrement global **RV** :

$$VP' = VP \times RV$$

Ainsi, la végétation de trois des stations du faciès à *Brachipodium ramosum* a la même valeur pastorale 17, mais les recouvrements globaux sont très différents : 52, 71 et 79 % la valeur du pâturage sera respectivement de 9, 12 et 13.

Tableau VI.3 - Recouvrements global de quelques faciès de végétation pâturée dans la région méditerranéenne

Faciès de végétation	Recouvrement global de la végétation en %	Importance des rochers en %
Bromus erectus	82	18
Brachipodium phoenicoides	82	18
Brachipodium ramosum	71	29
Thymus vulgaris	73	27

624.2 - Présence de sol nu

L'importance du sol nu est une des caractéristique, et aussi un des problèmes majeurs, des pâturages des zones arides (figure VI.3).

La steppe d'Alfa sur les hauts plateaux algériens (Photo Daget)

Ainsi, dans la steppe caractérisée au cours du paragraphe précédent, la végétation, avec une valeur pastorale de 56, ne recouvre que 42 % de la surface du sol ; la valeur du parcours sera donc :

VP'= 56 x 0,42 = 23,5

ce qui donne un chiffre très sensiblement plus faible... et un recouvrement de 0,42 est plutôt élevé dans ce type de végétation.

La végétation d'une steppe éthiopienne a une VP de 74 mais un recouvrement de 14% seulement, sa valeur n'est donc que de 10.

624.3 - Hétérogénéité de la parcelle

La végétation de certains pâturages peut être très homogène, dans les polders par exemple ou dans certaines steppes sahéliennes ; mais, il peut se trouver des cas où l'hétérogénéité est très grande (figure VI.2). Il est important d'en tenir compte pour la caractérisation du gazon du pâturages. Un pâturage de 24 hectares du Cantal, dit "la montagne de Vialard" dans la commune de Sainte-Eulalie (France) comporte 7 types de milieux ; une analyse de ces milieux, suivie d'une cartographie a permis d'en reconnaître la végétation et d'en calculer les surfaces. A partir de l'analyse de la végétation, les valeurs pastorales des 7 zones ont été calculées. Les résultats obtenus sont rapportés dans la tableau suivant et la figure VI.3 montre que cette hétérogénéité peut être importante.

Tableau VI.4 - Les milieux de la "montagne de Vialard" dans le Cantal

Milieux	Superficies en ha	VP
souvent inondé	3	3
très humide	3	12
humide	4	30
frais	5	49
moyen	5	55
dégradé	3	46
très dégradé	1	12

La valeur pastorale de la prairie s'obtiendra en effectuant la moyenne des valeurs des milieux pondérées par leur superficie :

$$VP' = \frac{(3\times 3)+(3\times 12)+\ldots+(1\times 12)}{24}$$

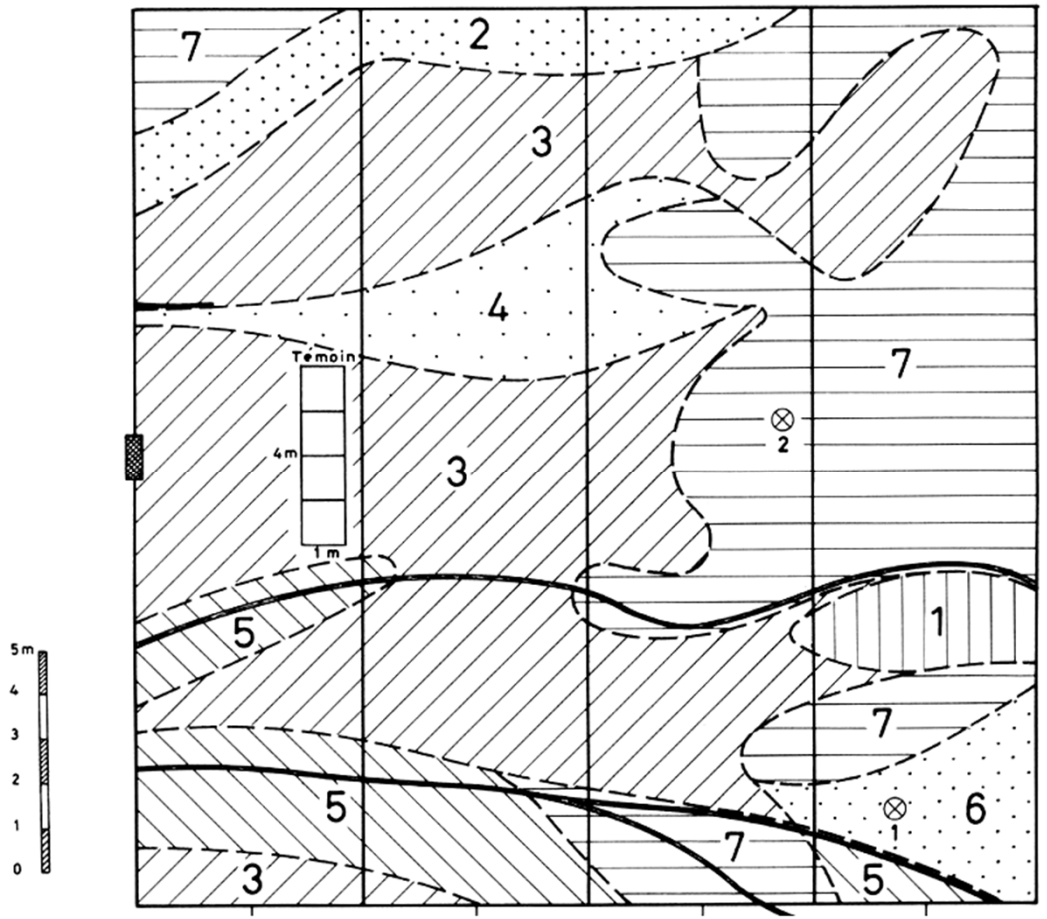


figure VI.2 - Hétérogénéité d'un carré de 20 mètres de côté dans un herbage humide de montagne (extrait de Daget & Poissonet, 1966)

LEGENDE

Limites des placettes de l'essai.

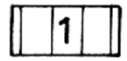
Limites des divers milieux

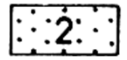
Fossés d'irrigation.

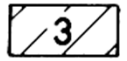
Localisation du relevé floristique.

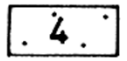
Tranchée (profil de sol).

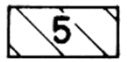
Sondages (sol).

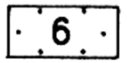
Milieu peu humide à *Festuca rubra et Agrostis vulgaris* 

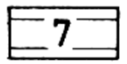
Milieu moyennement humide à *Angelica silvestris* 

Milieu moyennement humide à *Sanguisorba officinalis* 

Milieu humide à *Sanguisorba officinalis et Polygonum Bistorta* 

Milieu très humide à *Polygonum Bistorta* 

Milieu asphyxique à *Juncus spp.* 

Milieu très asphyxique à *Spiraea Ulmaria* 

6.3 - Généralisation spatiale

Comme la valeur pastorale est reprise sur l'ensemble des milieux d'une parcelle, elle peut être généralisée sur l'ensemble des milieux d'une exploitation ou d'une région

63.1 - Valeur pastorale moyenne d'une exploitation

Dans le Cantal, une exploitation de la commune d'Escorailles a les caractéristiques rapportées dans le tableau VI.5 ci dessous.

tableau VI.5 - Les milieux de l'exploitation d'Escorailles (Cantal, France)

Type d'utilisation	Superficie en ha	VP
Surface agricole utile	105	
cultures	5	-
prés de fauche	45	-
prés de pâture	55	-
- pauvres	3	18
- moyens	27	38
- bons	25	53

Le calcul de la moyenne pondérée donne :

$$VP' = \frac{(3 \times 18) + (27 \times 28) + (25 \times 53)}{55} = \frac{2\,405}{55} = 43{,}7$$

La valeur pastorale moyenne de la végétation estivale de l'exploitation est donc de 43,7

63.2 - Valeur pastorale moyenne d'une région

La commune de Thoras dans la Margeride granitique (Haute-Loire, France) est située à 1050 mètres d'altitude. Elle a fait l'objet d'un inventaire intensif de sa constitution et de ses ressources. Les caractéristiques qui se sont dégagées de cette analyse sont réunies dans le tableau VI.6.

Les valeurs des unités de l'utilisation du sol pondérées par leur surface donnent, pour les pâturages d'été une VP de 8,9, pour les réserves hivernales une VP de 48, et pour l'ensemble du territoire communal une VP de 16,4.

6.4 - Discussion de la valeur pastorale

64.1 - Rationalisation possible des Indices de qualité

On peut songer, pour une mise au point d'indices, ou pour la révision des indices utilisés actuellement, à procéder à des cultures pures permettant des mesures de production, de composition chimique, d'ingestibilité, d'appétibilité et d'acceptibilité ; mais il faudrait de nombreuses répétitions dans chaque complexe régional et aux diverses altitudes, dans diverses conditions de milieu et pour chaque type de bétail. Cela représenterait une expérimentation proprement gigantesque ! sans compter que le comportement du bétail n'est pas le même devant une culture pure et devant un mélange.

Cependant, partant des observations régionales et des expériences des pasteurs en place, il est possible de procéder plus simplement. Il faut disposer du maximum possible d'études parcellaires complétées d'analyses fréquentielles et d'inventaire du cheptel.

Un inventaire régional comportant **NR** relevés a permis de rencontrer **NES** espèces. Dans chaque relevé **J**, on a observé, pour chaque espèce *I* une fréquence spécifique **FS(I),** ce qui permet ce calculer, à l'intérieur de chaque relevé, les contributions spécifiques **CS(I).** Cela donne un ensemble de contributions spécifiques que l'on peut représenter par **CS(I,J).** Par ailleurs, la charge annuelle supportée par les stations **J** est **CH(J).** Les résultats antérieurs permettent d'écrire la valeur pastorale du relevé **J** :

Tableau VI.5 – Les milieux d'une commune de montagne : la Margeride en France

Utilisation du sol	Superficies en %	VP
Utilisation en pâturage estival		
- Forêts		
Fagus sylvatica	4	0
Pinus sylvestris	29,5	9,5
- Landes		
Callluna vulgaris	2	4
Cytisus purgans	20,7	4
pâturages	11	15
prés de pâture	1,2	35
friches anciennes	0,8	4,5
friches récentes	1,3	17
jachères mortes	0,8	2
Utilisation pour les réserves hivernales		
prés de fauche	15,3	34
prairies artificielles	0,9	49
céréales	7,8	48

$$VP(J) = \Sigma_{NES}\, CS(i,j) \subset Is(I) = K \subset CH(i)$$

où **K** est un coefficient de transformation, qu'il est possible d'inclure dans **IS(I)** par :

$$Q(i) = \frac{Is_i}{K}$$

On a alors :

$$CH(j) = \sum_{NES} CS(i, j) \times Q(i)$$

64.2 - Un mode de calcul analytique

Une méthode de calcul des indices spécifiques a été suggérée (par Rippstein au Cameroun, voir en bibliographie) pour la caractérisation des espèces pastorales en savane. Elle prend en compte la palatibilité, la productivité et la valeur alimentaire caractérisées dans des échelles à 5 niveaux (tableau suivant) :

Palatibilité		
très appréciée	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	4
appréciée	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	3
moyennement appréciée	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	2
peu appréciée	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	1
délaissée	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	0
Productivité		
très productives	< 4 tMS.ha-1,an-1	4
productives	3 à 4 tMS	3
peu productives	2 à 3 tMS	2
non productives	1 à 2 tMS	1
sans production	< 1 tMS	
Valeur alimentaire		
très bonne	>300 g.j-1	4
bonne	100 à 300 g	3
moyenne	< 100 g	2
médiocre	n'assure pas l'entretien	1
nulle	aucune valeur ou toxique	0

54.3 - Critique de la valeur pastorale

Un certain nombre d'objections ont été faites à l'usage de la valeur pastorale ; elles peuvent être résumées brièvement de la façon suivante

1. Caractère subjectif des indices de qualité spécifique,
2. Valeur variable des indices d'un auteur à l'autre,
3. Valeur constante des indices dans l'espace et dans le temps alors que les propriété nutritives d'une espèce varient selon les saisons et les écotypes,
4. En montagne les animaux consomment des espèces qui sont délaissées en plaine,
5. Nombre insuffisant de données de références,
6. Les animaux mangent des plantes dont l'indice est nul, parfois même des plantes toxiques, et continuent à vivre,
7. L'analyse porte sur une surface restreinte, la charge porte sur plusieurs hectares et les parcelles sont rarement homogènes,
8. Le type d'animaux et les modalités de pâturage devraient intervenir,
9. Les animaux choisissent ce qu'ils mangent et la végétation ingérée est différente de la végétation sur pied.

Reprenons ces différents points :

1 - En ce qui concerne le caractère subjectif des indices, il est plus réduit qu'on ne l'a imaginé; en effet, les analyses bibliographiques montrent que très souvent les agro-pastoralistes sont parfaitement en accord sur la valeur à donner à une espèce. Par ailleurs, une technique "objective" de détermination des indices à été décrite plus haut ; elle est peut-être lourde à mettre en oeuvre, mais elle existe.

2 - Malgré cela, il reste des différences irréductibles entre les conceptions pastoralistes des spécialistes de différents pays. C'est ainsi qu'au Benelux *Dactylis glomerata* est souvent considéré comme une mauvaise herbe, et nous y avons rencontré des éleveurs qui lui faisaient la chasse, pioche à la main, les agro-pastoralistes français lui sont favorables au point d'être parfois "dactylisés" à outrance ; cela se ressent sur les valeurs données aux espèces, mais de façon atténuée.

3 - Nous avons insisté sur le fait que les observations floristiques doivent être faites pendant le laps de temps assez court de l'optimum floristique. Ces observations traduisent l'état d'une prairie qui synthétise sa dynamique annuelle ; ni les plantes ni le gazon ne conservent la même valeur instantanée tout au cours de l'année. Des comparaisons qui incluraient des analyses de végétation faites au démarrage de la végétation et d'autres faites en fin de saison mélangeraient des paramètres inconciliables.

4 - On sait qu'en montagne des régions humides la productivité du gazon naturel décroît quand l'altitude augmente d'environ 430 kgMS.ha-1 par 100 m d'élévation et que la production de lait diminue de 1,5% (figure VI.4). On peut penser que ces diminutions sont liées aux faibles fréquences des très bonnes espèces ; les espèces médiocres ou nulles semblant consommées non parce qu'elles sont meilleures mais parce qu'il n'y en a pas d'autres à manger. Et on sait que la productivité d'un élevage diminue quand l'altitude augmente, même si certaines qualités organoleptique des produits sont meilleures.

5 - Ce point sera discuté au cours du chapitre suivant.

6 - L'indice nul ne signifie pas que l'animal ne mange pas de l'espèce indiquée ; en fait, il mange presque de tout et nous l'avons déjà souligné (figure VI.1) ; mais certaines des plantes qu'il ingère lui sont plus profitables que d'autres.

7 - L'analyse porte certes sur une petite surface, mais le choix de cet échantillon résulte d'une étude préliminaire de la parcelle qui a permis d'en reconnaître la représentativité et d'en cerner les limites. C'est là une pratique usuelle en phytosociologie. Par ailleurs, elle n'est petite que dans certaines approches (voir chapitre III) dont la nôtre, mais dans d'autres, elle porte sur toute la surface du pâturage. Quant à l'hétérogénéité de la parcelle et aux valeurs différentes de ses constituants, ou a vu plus haut qu'elles étaient largement prises en compte.

8 - Ce point vient d'être discuté (paragraphe 63.1) et sera repris dans le chapitre suivant

9 - Ceci n'est qu'une reformulation du point 4. La valeur pastorale ne caractérise pas la ration consommée, mais le produit offert. Si les bonnes espèces qui constitueront le bol alimentaire sont dispersées au sein d'une matrice sans valeur, l'animal aura plus de mal à les trouver, il dépensera plus d'énergie pour cela et le pâturage ne pourra alimenter qu'un troupeau plus réduit.

En toutes hypothèses, il faut conserver à l'esprit que la valeur pastorale est un indice synthétique auquel il ne saurait être question de donner une signification instantanée

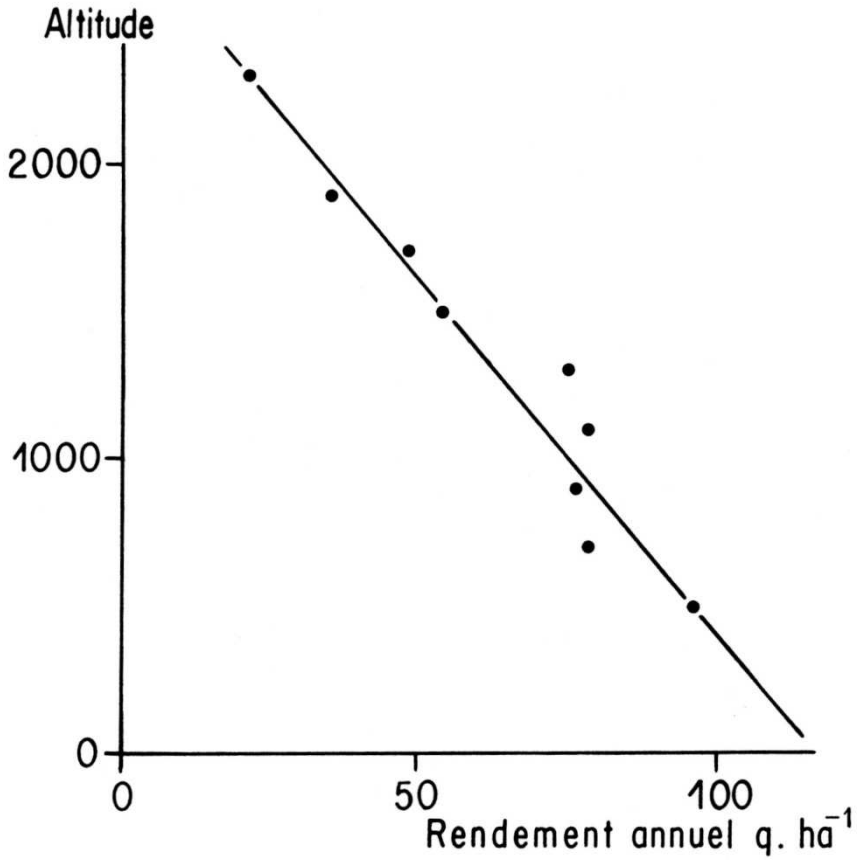


figure VI.4 - Variation altitudinale du rendement des prairies naturelles en $q.ha^{-1}$ de MS. en Suisse (redessiné d'après Caputa, 1966)

6.5 - Comparaison des pâturages d'une région

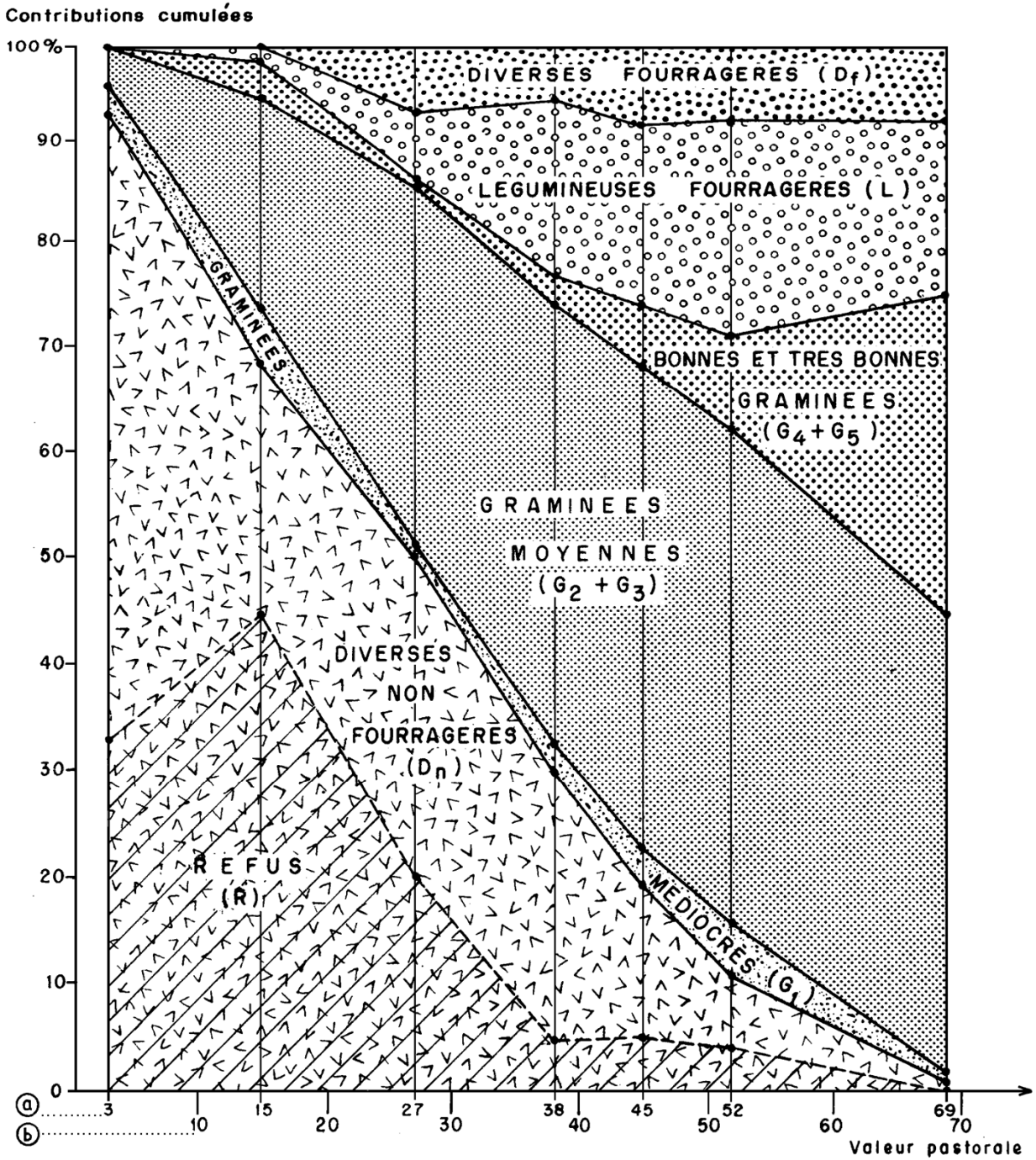
65.1 - Diagrammes de constitution pastorale

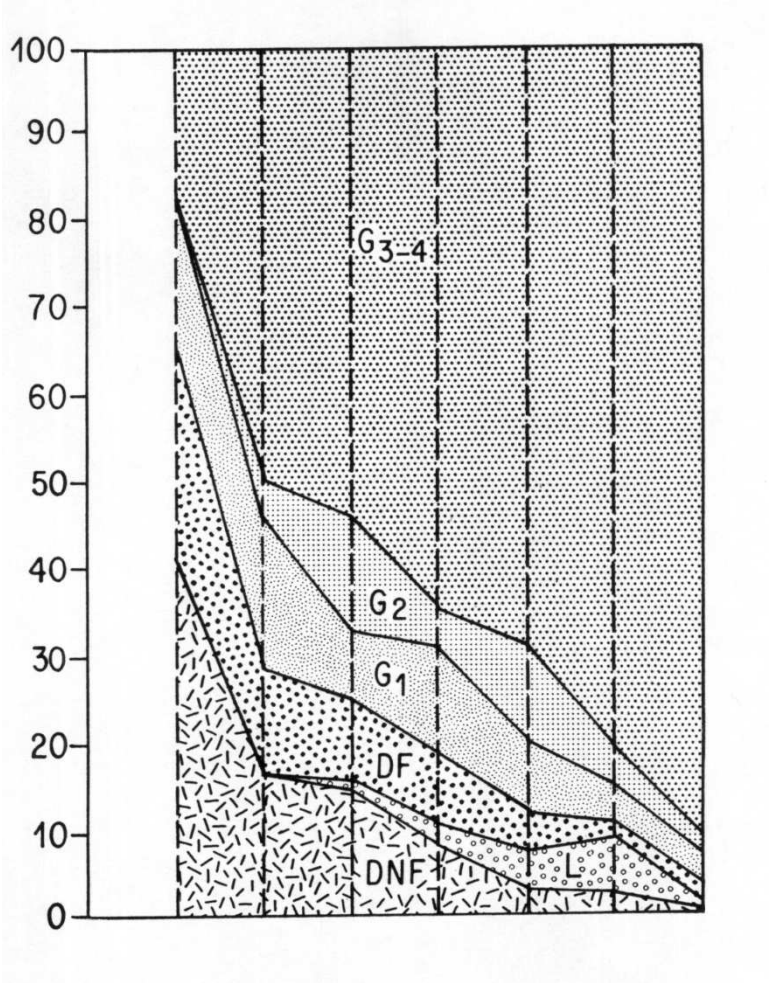
Les relevés de chacun des types de végétation peuvent être ordonnés selon les valeurs pastorales (**VP**) croissantes. Puis le regroupement des espèces en grandes catégories pastorales, définies par leurs indices de qualité spécifiques comme cela a été fait au début du paragraphe précédent, permet de dresser ce qui peut être appelé diagramme de constitution pastorale (figure VI.5) comportant : en abscisse, la moyenne des valeurs pastorales regroupées en classes de 10 ; en ordonnée, la contribution moyenne cumulée des catégories d'espèces dans l'ordre suivant :

- plantes non fourragères : **Dn, G0**
- Graminées moyennes : **G1, G2** et **G3**
- Graminées bonnes et très bonnes : **G4** et **G5**
- Légumineuses fourragères : **L1** à **L4**
- diverses fourragères : **Df**
- diverses non fourragères : **Dn** ou **DNF**
- refus : **R** ou **RL**

Ces figures sont caractéristiques de la région sur laquelle elles portent (figures VI.5 à VI.8) de l'état actuel des pâturages et de leurs possibilités d'évolution progressive ou d'évolution régressive (dans le cas de déprise agricole).

figure VI.5 - Diagramme de constitution pastorale dans le Cantal : France (extrait de Daget & Poissonet, 1971)





figureVI.6- Diagramme de constitution pastorale de savanes du Gourma au Mali
(redessiné d'après Coulibaly, 1979)

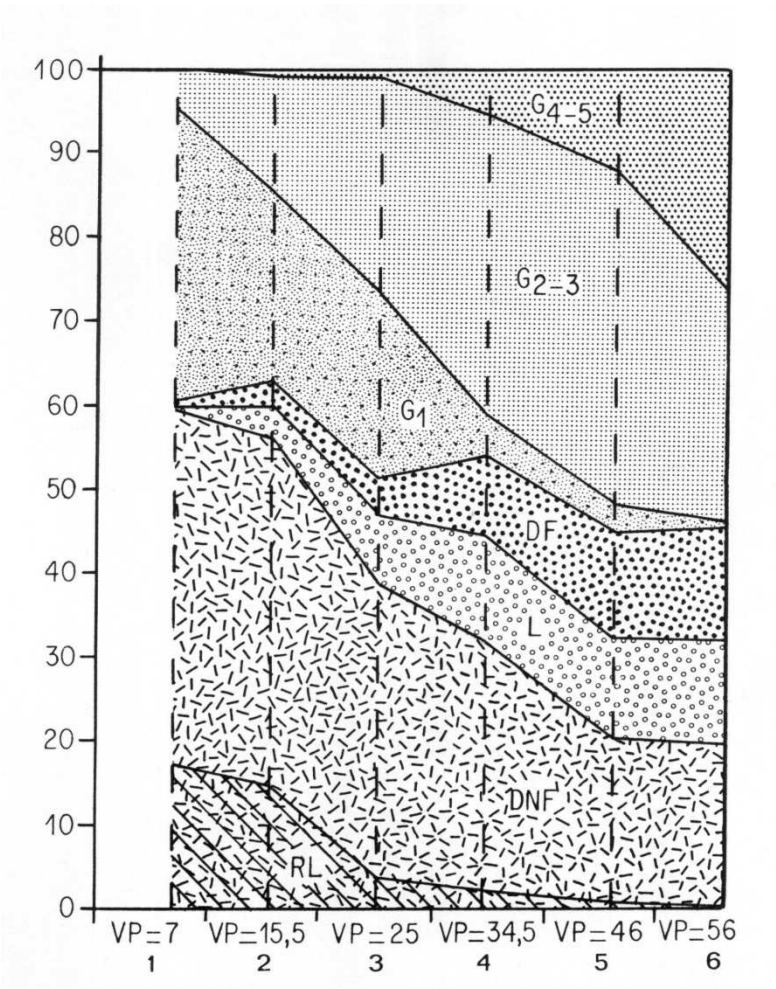


figure VI.7 - Diagramme de constitution pastorale d'alpages de Savoie : France
(redessiné d'après Dubost & Jouglet, 1976)

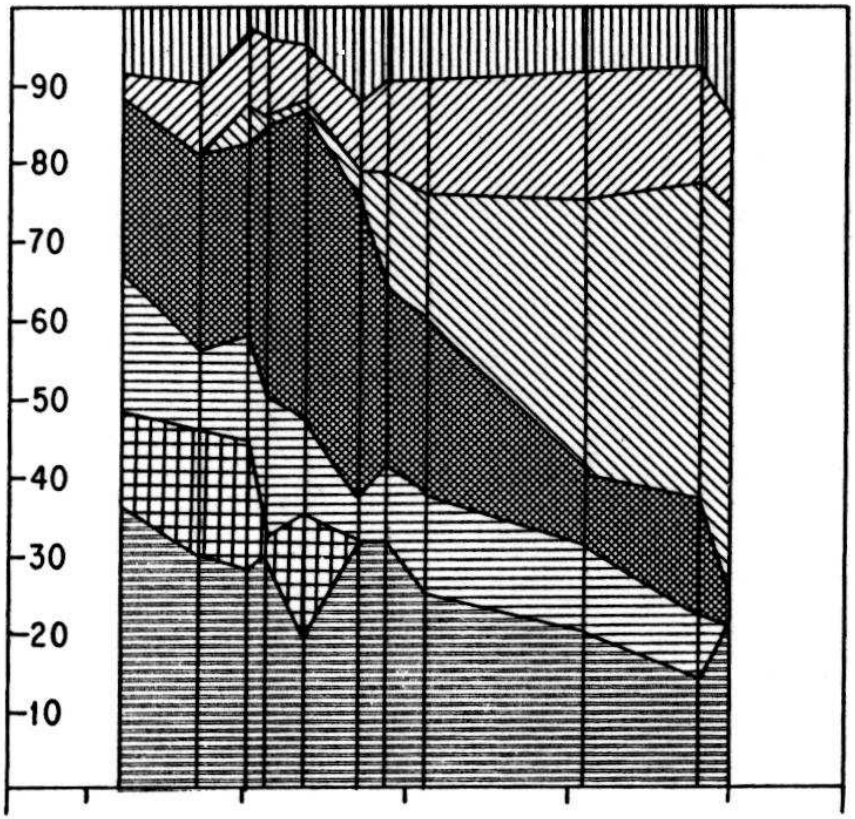


figure VI.8 - Diagramme de constitution pastorale des pâturages du plateau de Bran : Roumanie (extrait de Barbulescu, 1975)

65.2 - Spectre pastoral

652.1 – Construction du spectre

Le spectre pastoral est l'ensemble des contributions des principales catégories d'espèces du pâturage retenues pour le diagramme. Reprenons les données du tableauVI.1;

En ce qui concerne les très bonnes et bonnes graminées, dont l'indice est 4 ou 5, on ne trouve que *Poa pratensis* avec une FS de 1 ; G = 1/396 = 0

Pour les moyennes et médiocres avec 4>Is>0, on trouve 44 + 37 + ... + 3 soit 164 ; G' = 164/396 = 0,41

Pour les légumineuses dont l'Is > 0, on trouve 9 + 4 + 3 soit 16 ; L = 0,04

Pour les diverses fourragères : 4 + 1 = 5 ; Df = 0,01

Pour le reste : 186 + 30 = 216 ; Dn = 0,55

sur un total de 396 présences. Le spectre fourrager est donc :

G	:	0,00	G'	:	0,41
L	:	0,04	Df	:	0,01
Dn	:	0,55			

Une telle composition peut être représentée par un "camembert" (ou piechart en anglais) comme sur la figure VI.9

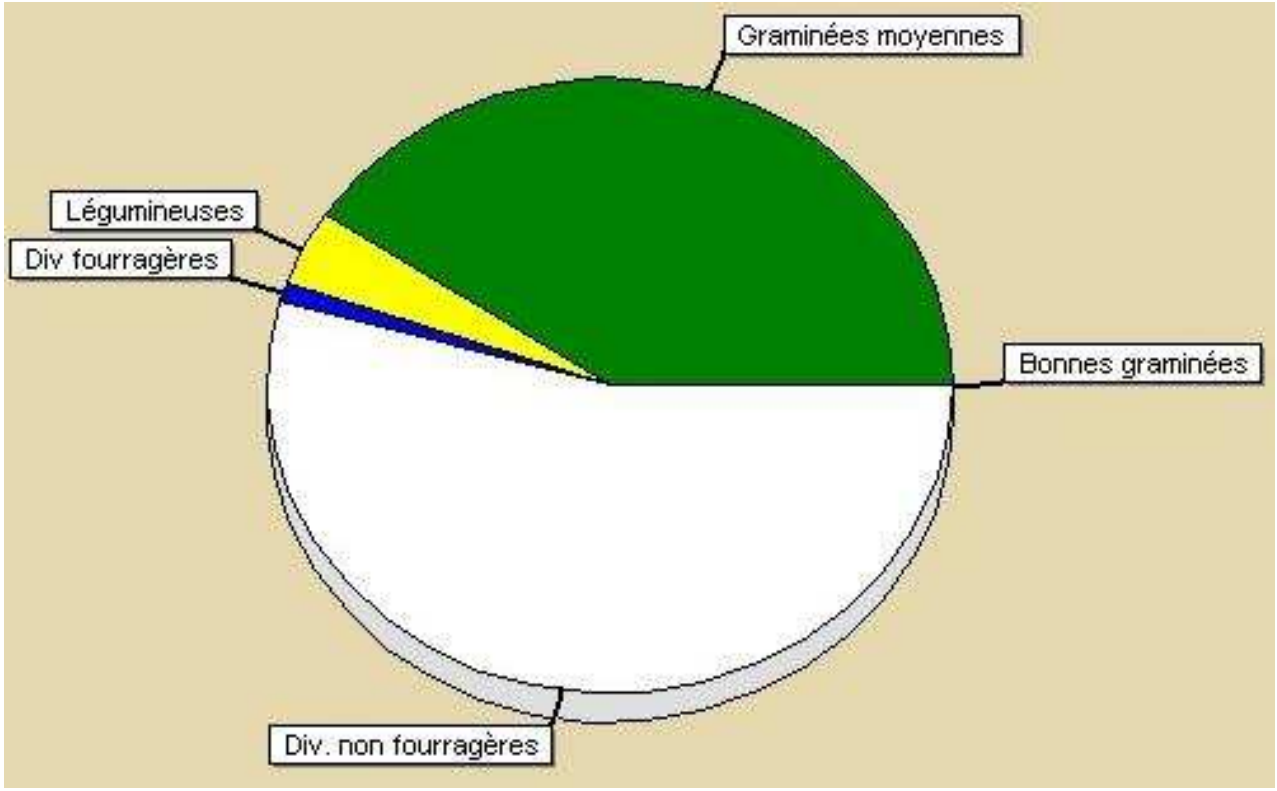


figure VI.9 - Spectre de constitution pastorale du pâturage du tableau VI.1

Parmi les relevés effectués au Pays de Herve en Belgique (chapitre 2), le dernier correspond à un très bon pâturage très fortement fertilisé (600 $N.ha^{-1}an^{-1}$, P et K à proportion!) ; il a la composition quantitative du tableau VI.7 qui conduit au spectre fourrager suivant représenté sur la figure VI.10 :

G : 58.9 G' : 28.1 L : 4.2 Df : 1.6 Dn : 7.2

F

Tableau VI.7 - Analyse d'une très bonne prairie du Pays de Herve (Belgique)

Espèces	CS	Is
Lolium perenne	30,6	5
Poa trivialis	25,1	5
Holcus lanatus	9,8	2
Poa annua	7,2	3
Stellaria media	4,2	0
Trifolium repens	3,3	4
Alopecurus pratense	2,6	3
Phleum pratense	0,7	5
Taraxacum officinale	0,3	2
Agrostis stolonifera	0,3	2
Dactylis glomerata	+	5
Festuca pratensis	+	5
Plantago major	+	1
Ranunculus acer	+	0
Capsella bursa-pastoris	+	0
Rumex crispus	+	0
Heracleum sphondylium	+	0
Urtica dioica	+	0

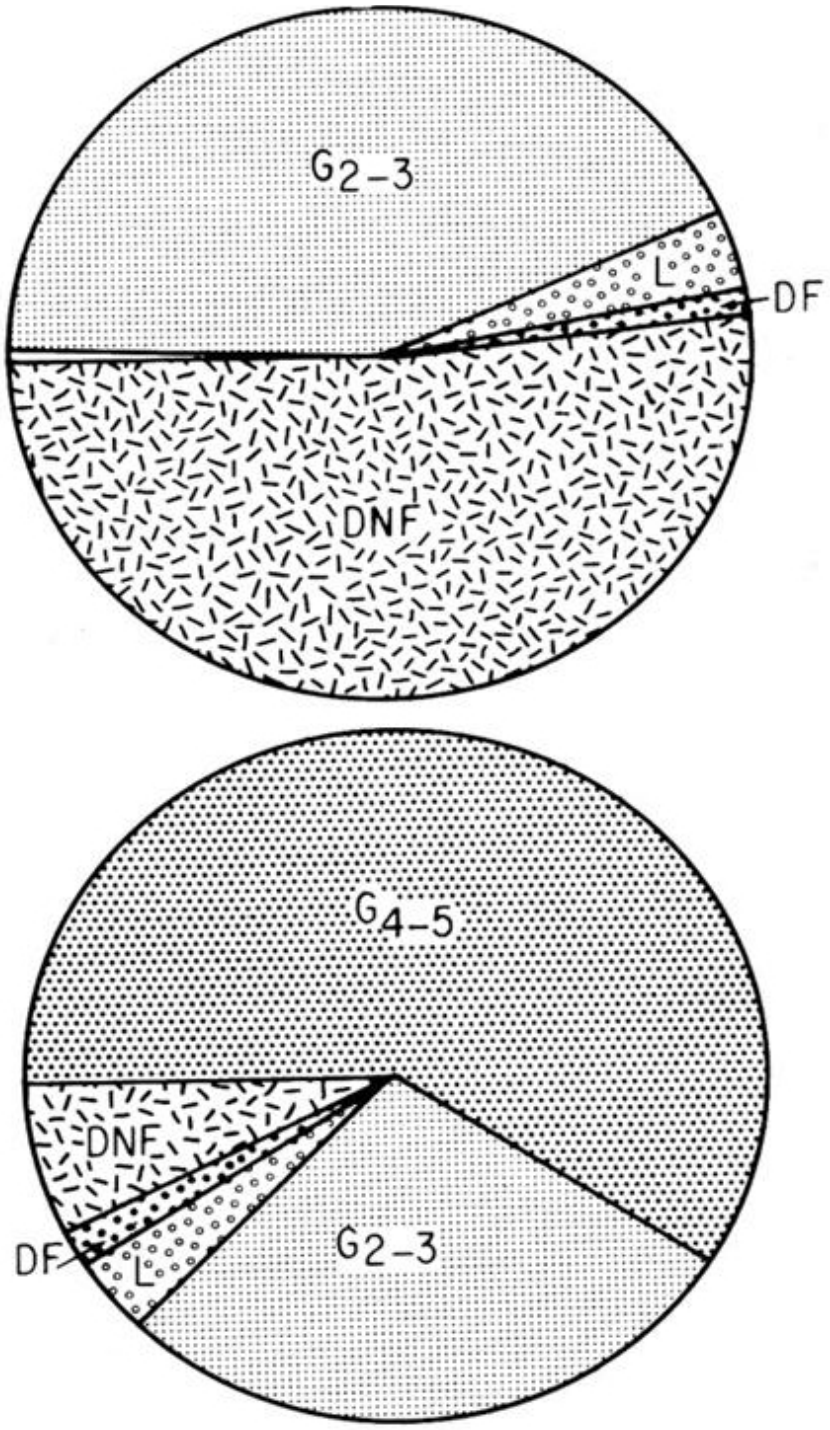
La classification britannique des pâturages dont il a été question au chapitre 1 classe les formations sur la base de la première (Graminées) et de la troisième de ces valeurs (Légumineuses). Dans ce classement la première de ces deux prairies est du type **IV**, sous-type **C** (parce qu'il y a moins de 2,3% de *Trifolium repens*) tandis que la seconde est du type **I**, sous-type **B**.

652.2 – Spectre régional

Des spectres fourragers peuvent être construits pour les différents groupements végétaux d'une région particulière à des fins de comparaison. C'est ainsi qu'au Mali, les groupements pâturés de la région de Béma présentent les spectres pastoraux rassemblés dans la figure VI.11. La comparaison montre la meilleure qualité des groupements à *Balanites aegyptiaca* et à *Echinochloa colona* face à la médiocre valeur des groupements à *Loudetia togoensis* et à *Phyllanthus reticulatus.*

figure VI.11 - Spectres pastoraux de la région de Bema – Mali

(redessiné d'après Togola, 1982)



652.3 - Détermination du spectre optimal

Les contributions des diverses catégories d'espèces peuvent être représentées séparément, ce qui donne une courbe par catégorie ; c'est ce qui a été fait sur le figure VI.12 à partir des données qui ont permis de construire le diagramme de la figure VI.3. Ces courbes partent de l'origine (CS = 0) en ce qui concerne les catégories fourragères, et de CS = 100 pour les plantes non fourragères. Elles sont en trait plein jusqu'à la valeur pastorale maximale observée, mais il est possible de les extrapoler en utilisant les remarques suivantes comme guides :

- L'indice spécifique maximal des légumineuses est 4 ; à un peuplement dans lequel les bonnes légumineuses ont une contribution de 100, correspond une valeur pastorale de 80, Il s'agit de très bonnes prairies artificielles.

- Dans les très bonnes prairies temporaires, la plupart des graminées ont l'indice 5, quelques unes l'indice 4 ; on peut prendre la valeur 4,75 comme moyenne, alors, avec une contribution de 100 de telles espèces, la valeur pastorale maximale est de 96.

- Lorsque la valeur pastorale est voisine de 100, les contributions des espèces moyennes ou médiocres tendent vers zéro.

La possibilité de mettre en évidence des courbes de variation de la contribution des catégories fourragères permet de justifier à postériori le fait que les pastoralistes de Grande-Bretagne et certains des Pays-Bas, caractérisent la valeur pastorale des herbages seulement par la CS de *Lolium perenne*, espèce qui constitue dans les climats humides du N.W. de l'Europe, l'essentiel des bonnes graminées.

En particulier, la contribution des espèces non fourragères s'annule pour une VP inférieure à 100, L'interprétation, selon cette méthode, des données publiées par l'école hollandaise, montre, qu'en conditions naturelles, il y a toujours, même dans les meilleurs prairies permanentes, des espèces non fourragères fût-ce en nombre très réduit (7,2% dans celle du Pays de Herve). Par conséquent la VP pour laquelle le taux de plantes non fourragères s'annule constitue un plafond ; c'est la valeur pastorale optimale "VPO". A cette valeur correspondent, pour chaque catégorie, des contributions qu'il est possible de lire sur le graphique et dont l'ensemble constitue le spectre optimal. Tout ceci dans l'optique d'une évolution de la flore en place sous l'action d'interventions dans l'optique d'une bonne gestion du capital pastoral.

Les actions de mise en valeur pastorales diverses (drainages, irrigations, amendements fumures, entretiens...) excluant les interventions agricoles brutales qui crèent un milieu profondément différent et comportent l'introduction d'une flore différente (labours,semis...).

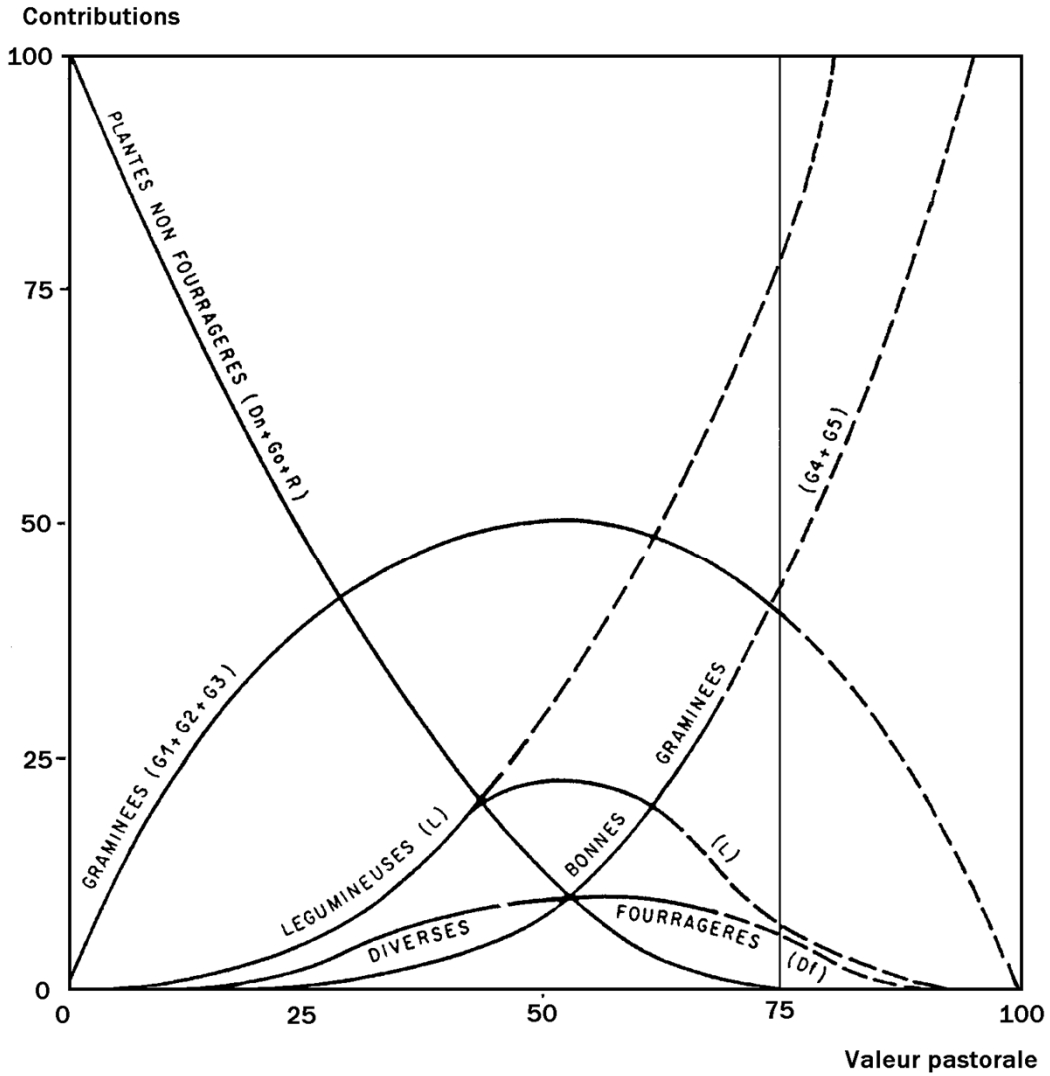


figure VI.12 - Variation des contributions des diverses categories fourrageres en fonction de la valeur pastorale des pâturages dans une région du Massif Central

(extrait de Daget & Poissonet,1971)

A partir des graphiques de la figure VI.12 il semble que le spectre fourrager optimal soit réalisé pour des valeurs pastorales voisines de 90 en Benelux, 75 dans le Cantal et 65 dans la Margeride avec les valeurs suivantes :

Catégories	Pays-Bas	Cantal	Margeride
G	95	45	30
G'	5	40	55
L	0	10	12
Df	0	0	3
Dn	0	0	0

652.4 - Indice d'intensité d'exploitation pastorale

L'état actuel d'un herbage est caractérisé par **sa valeur pastorale** ; l'état optimal des herbages naturels de la région par la **valeur pastorale optimale**. Cela permet d'effectuer des comparaisons entre les herbages d'une région particulière. Il suffit de calculer le rapport Ie de ces deux valeurs, c'est **l'indice d'intensité d'exploitation pastorale**.

$$Ie = \frac{VP}{VPO}$$

et de le comparer à l'échelle suivante :

très extensif	moins de 0,19
extensif	0,20 à 0,39
moyen	0,40 à 0,59
intensif	0,60 à 0,79
très intensif	plus de 0,80

65.3 - Modélisation

Lorsqu'un herbager projette une amélioration de ses pâturages, il compte voir régresser les plantes sans intérêt, les plantes non fourragères, et, si possible les voir disparaître ; et, naturellement, il escompte que les très bonnes graminées G5, les bonnes graminées (G4) et les bonnes légumineuses (L4) prendront la place des espèces disparues. Le taux de bonnes espèces augmente, la valeur pastorale augmente aussi. L'image du pâturage va donc se déplacer vers la droite du graphique en même temps que les contributions des catégories changent. Selon les techniques employées, la réussite sera plus ou moins importante et le déplacement vers la droite plus ou moins important.

Il faut remarquer que les très bonnes graminées sont toutes des espèces nitrophiles et mésophiles ; elles sont fortement stimulées par l'apport d'azote et, en cas de déprise, la récession tombe sur elles en premier lieu. En effet, dans un processus de déprise, la première chose que fait l'herbager est d'interrompre les apports d'engrais et donc d'azote. Beaucoup des plantes diverses (mais pas toutes) sont "nitrofuges" ou indifférentes. Elles retrouvent donc leurs possibilité d'expression et progressivement leur extension. Alors l'image du pâturage se déplace vers la gauche.

653.1 - Approche simplifiée du modèle

En supposant qu'on ait que deux catégories d'espèces G5 et D0, la valeur du gazon est alors directement proportionnelle au taux de G6. C'est d'ailleurs le principe de la méthode de caractérisation des herbages utilisée en Grande Bretagne. Les courbes correspondant à la figure VI.12 sont alors très simplifiées ; celle des G5 est la diagonale ascendante du carré tandis que celle des D0 est la seconde diagonale.

Elles ont respectivement pour équation :

G5 : $y_5 = x$

D0 : $y_0 = 100 - x$

Pour simplifier les écritures ultérieures posons Is = 6.i avec i 0 [0,1].

L'examen des divers cas concrets rencontrés et la réflexion montrent que les espèces moyennes ont d'abord une contribution nulle, elle augmente avec **x**, passe par un maximum **h**, puis diminue et s'annule. La forme régulière de la courbe conduit à la représenter par une parabole symétrique dont le maximum est **h** :

$$\text{EM} \quad : \qquad y_{2.5} = h \times \frac{100 - x}{2500}$$

Les "espèces moyennes", regroupent ici toutes celles pour lesquelles 0 < i < 1 ; pour simplifier prenons i = 0,5 ; alors, pour que le calcul de la valeur pastorale soit respecté, on pose :

$$x = 0{,}5\ y_1 + y_5$$

d'où l'on tire :

$$y_5 = x - 0{,}5\ y_1$$

soit

$$\text{G5} \quad : \qquad y_5 = x - h \times \frac{100 - x}{5000}$$

et, en ce qui concerne les plantes non fourragères :

$$100 = y_1 + y_5 + y_0$$

d'où

$$y_0 = 100 - y_1 - y_5$$

Soit :

$$\text{D0} \quad : \qquad y_0 = (100 - x) - h \times \frac{100 - x}{5000}$$

Les équations EM, G5 et D0 constituent le modèle de la variation floristique telle qu'elle a été schématisée en 3 catégories. La courbe représentant G5 coupe l'axe des **x** avant la valeur 100, On retrouve ici le concept empirique de valeur pastorale optimale dégagé antérieurement. En annulant $\mathbf{y_0}$, on tire aisément cette valeur de G5 :

$$x_{opt} = \frac{2\,500}{0{,}6\,h + 0{,}4\,k}$$

ce qui, dans cet exemple donne xopt = 83,3. Plus **h** est grand, plus $\mathbf{x_{opt}}$ est petit, c'est-à-dire que plus les espèces moyennes sont nombreuses et agressives et plus vite disparaissent les mauvaises espèces lors d'un aménagement.

Une quatrième composante est facilement introduite. Par exemple les Légumineuses avec l'indice i = 0,6 et qui atteignent la contribution **k** et les autres plantes fourragères avec l'indice i = 0,4 et la contribution maximale **h**. Le modèle est constitué par les quatre relations suivantes :

$$\text{D0} \quad : \quad y_0 = (100 - x) - (0{,}6h + 0{,}4k)\frac{100 - x}{5\,000}$$

$$\text{L} \quad : \quad y_1 = k\frac{100 - x}{2\,500}$$

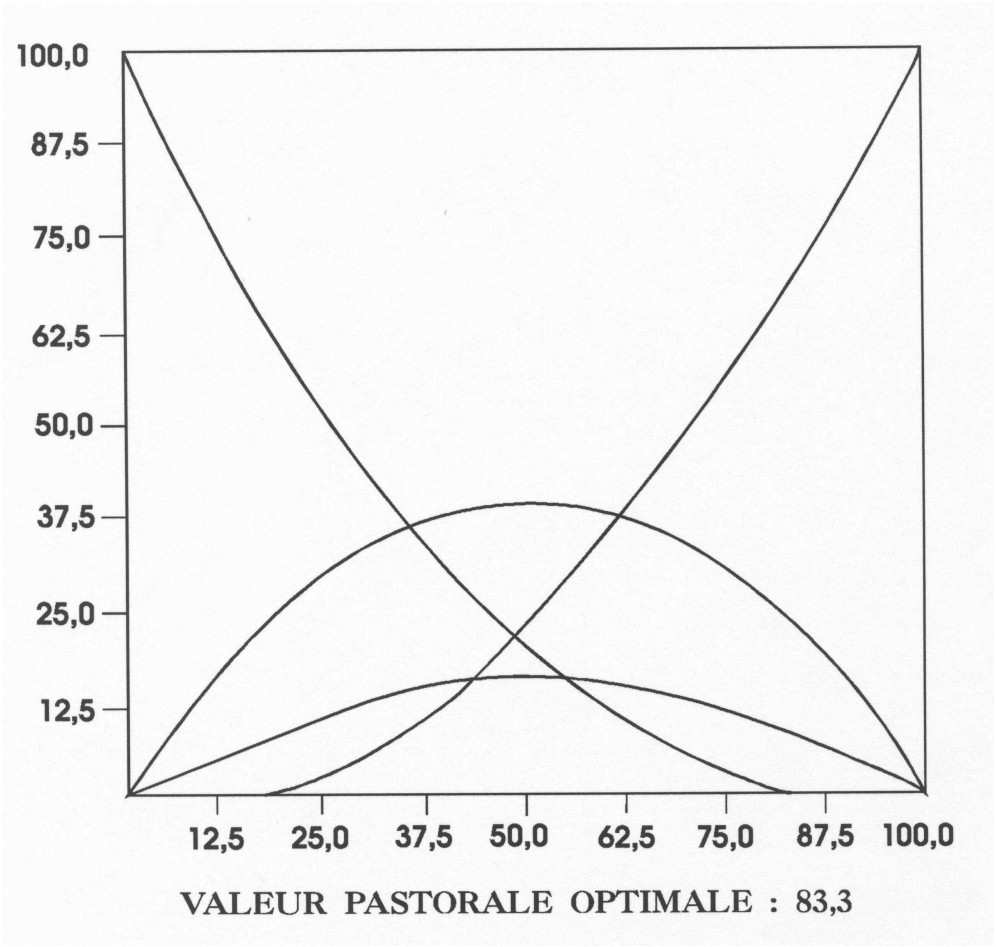
$$\text{GM} \quad : \quad y_2 = h\frac{100 - x}{2\,500}$$

$$\text{GS} \quad : \quad y_5 = x - (0{,}4h + 0{,}6k)\frac{100 - x}{5000}$$

et dans ce cas la valeur pastorale optimale est :

$$x_{opt} = \frac{2\,500}{0{,}6h + 0{,}4k}$$

La figureVI.13 représente ce modèle dans l'hypothèse où h = 40 et k = 15



figureVI.13 - Une représentation du modèle de variation des catégories fourragères

653.2 - Approche réaliste mais complexe du modèle

Lorsque la VP est nulle ou maximale, les espèces de valeurs intermédiaires (indices 1 à 4) disparaissent du tapis végétal. Les courbes correspondantes passent donc toutes par les points de coordonnées (0,0) et (0,100).

6532.1 - Espèces d'indices 1 et 2

Les taux de ces espèces médiocres augmentent d'abord rapidement, passent par un maximum, plus précoce pour les espèces d'indice 1 que pour les autres, puis diminuent, plus rapidement pour les premières, et tendent vers zéro bien avant que la VP maximale ne soit atteinte. En désignant y(i) somme des contributions des espèces d'indice **i, x** valeur pastorale du gazon analysé, et **K** sa valeur maximale, la relation la plus simple traduisant cette succession de stades est :

$$y_i = a_i \left(100 - x\right)^{\frac{100-K}{K}}$$

En ce qui concerne les plus médiocres, pour les quelles i=1, y(1) atteint une valeur maximale **H'** pour une valeur de x proche de 20, On obtient alors :

$$H' = a_1\, 20\,(100-20)^{\frac{100-20}{20}} \quad = \quad 4^4\, a_1\, 20^5$$

D’où :

$$a_1 = \frac{H'}{4^4} 20^{-5}$$

De même, y(2) atteint une valeur maximale **H"** pour x voisin de 33. On obtient alors :

$$\vdots H'' = 33(100-33)^{\frac{100-33}{33}} = 4\, a_2\, 33^3$$

D’où :

$$a_2 = \frac{H''}{4} 33^{-3}$$

6532.2 - Espèces d'indices 3 et 4

Les taux de ces espèces restent d'abord insignifiants, puis augmentent progressivement, et passent par un maximum, d'abord pour les espèces assez bonnes puis pour les bonnes. On peut considérer que ces courbes traduisent des variations symétriques des deux premières par rapport à x = 0,6. Ces taux diminuent ensuite assez rapidement et s'annulent progressivement. La relation la plus simple qui traduit ces phases est :

$$y_i = a_i (100 - x) x^{\frac{K}{100-K}}$$

Donc, en ce qui concerne les assez bonnes espèces, dont le taux passe par un maximum **H"** pour x = 66 :

$$H'' = 4 a_3 33^3$$

$$a_3 = \frac{H''}{4} 33^{-3}$$

Le taux de bonnes espèces passe par le maximum **H'** pour x = 80, d'où :

$$H' = 20 a_4 80^4 = 4 a_4 20^5$$

$$a_4 = \frac{H'}{4} 20^{-5}$$

653.3 - Très bonnes espèces

On a donc les 4 équations suivantes :

$$y_1 = a_1\, x\,(x-100)^4$$
$$y_2 = a_2\, x\,(x-100)^2$$
$$y_3 = a_3\, x^2\,(x-100)$$
$$y_4 = a_4\, x^4\,(x-100)$$

dont on peut déduire celle des très bonnes espèces $\mathbf{y_5}$; en effet, les 5 taux $\mathbf{y_i}$ sont reliés ensemble par la relation qui définit la valeur pastorale :

$$x = 0{,}2\,(1y_1 + 2y_2 + 3y_3 + 4y_4 + 5y_5)$$

D'où il est possible de tirer $\mathbf{y_5}$:

$$y_5 = \frac{5x - y_1 - 2y_2 - 3y_3 - 4y_4}{5}$$

6532.4 - Espèces sans valeur pastorale

La somme de toutes les contributions est, par définition, égale à 100, donc :

$$100 = \sum y_i$$

ce qui permet d'avoir la sixième et dernière équation du modèle :

$$y_0 = 100 - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5)$$

ou encore en fonction des 4 premières seulement :

$$y_5 = 100 - \frac{x}{5} - \frac{4y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 1y_4}{5}$$

Le modèle yi = f(i) est constitué de six courbes et de six équations qui ne dépendent que de deux paramètres H' et H''. Il suffit donc d'une estimation de chacun d'eux pour construire tout le modèle. Ces six courbes peuvent être représentées ensemble sur un même graphique qui constitue le modèle cherché.

653.3 - Validation du modèle

L'analyse porte sur deux inventaires dans les prairies et les pâturages de moyenne altitude dans les Monts du Jura (France) portant sur 147 relevés auxquels on peut ajouter les points obligés comme le point (0 ; 100) pour les 5 premières courbes et (100; 100) pour la dernière, qui correspond aux espèces de valeur 6. Dans le cas présent les moyennes sont respectivement H' = 22 et H'' = 24. Le modèle d'ensemble correspondant est donné sur la figure VI.14.

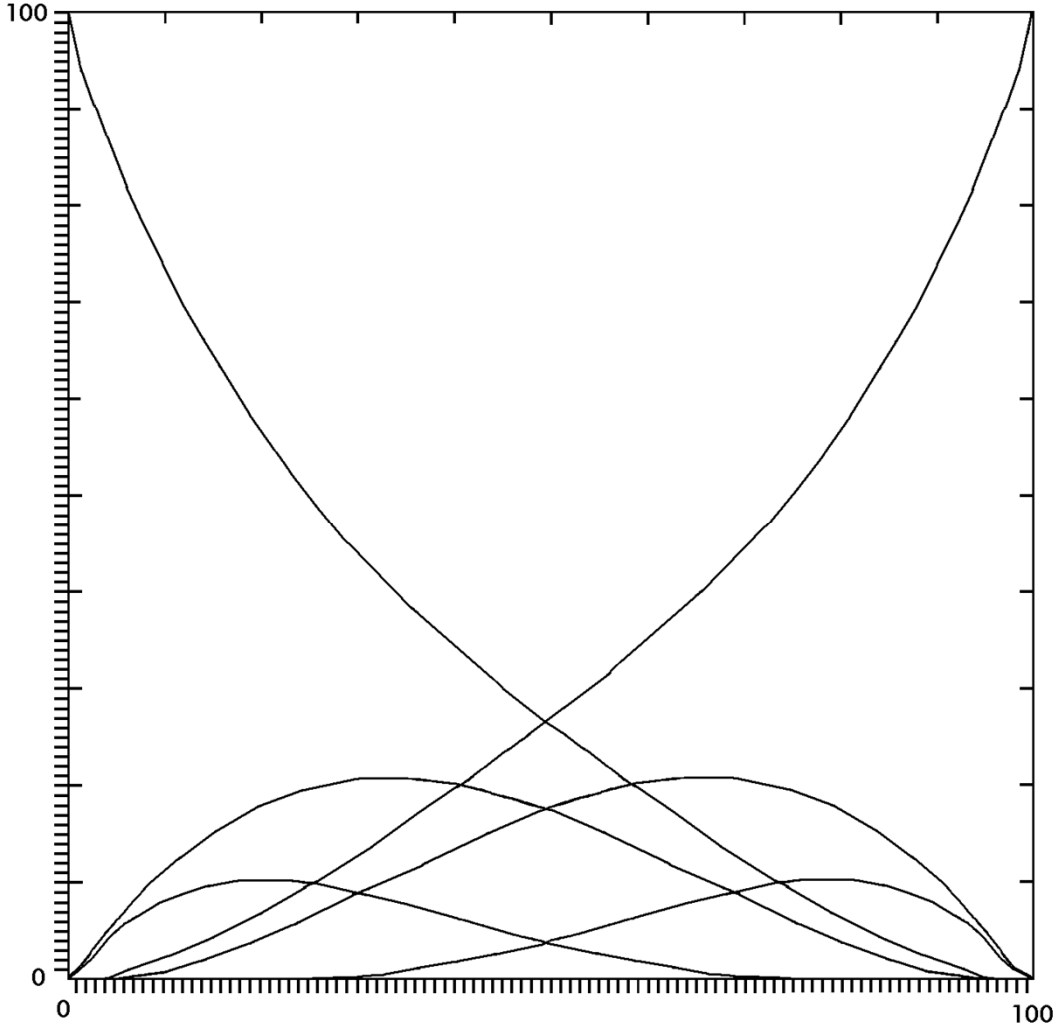


Figure VI.14 – Modèle 2 de la variation des contribution catégorielles avec la valeur pastorale

653.4 - Remarques sur ce modèle

y_0 et **y_5** sont des relations de degré 4 et n'ont les formes simples rencontrées dans les cas concrets que dans les limites naturelles de variation de **H'** et **H".** De plus, il apparaît que ces relations peuvent prendre des valeurs négatives (donc que les relations $y_0 = 0$ et $y_5 = 0$ admettent une solution réelle entre 0 et 100). On aurait pu supposer que c'est le résultat d'une surestimation des paramètres **H'** et **H",** mais l'examen des cas concrets montre que ce résultat est de nature structurelle. Alors, la solution intermédiaire de $y_0 = 0$ correspond à la **valeur pastorale optimale** et les relations y_0 et y_5 seront remplacées par y^*_0 et y^*_5 définies par :

$$y_n^* = \begin{cases} y_n \; si \; y_n > 0 \\ 0 \; si \; y_n < 0 \end{cases}$$

Alors les 6 relations $y^*_0 , y_1 , y_2 , y_3 , y_4 , y^*_5$ fournissent un modèle très réaliste des variations observées des contributions des diverses catégories fourragères avec les valeurs pastorales correspondantes dans les diverses situations concrètes testées en dehors de celle du Jura qui a servi à caler le modèle.

653.5 - Réponses à quelques critiques opposées au modèle

Quelques commentateurs ont avancé des objections au modèle tel qu'il vient d'être présenté. Voyons les principales :

1 - *Ce modèle n'a de valeur que locale.*

Les auteurs signataires de cet ouvrage ont confronté leur approche aux pâturages de plusieurs régions de France (Cantal, Margeride, Jura, Basse Normandie) et hors de France (Ardenne belge, Algérie) ; ils ont impulsé plusieurs études dans d'autres secteurs (Grands Causses, Bas Languedoc, Préalpes, Alpes centrales, Hauts plateaux algérien, Karpattes roumaines, Mongolie intérieure, Suisse) et ont réinterprété des études extraites de la littérature (Finistère, Navare espagnole). Tous présentent des diagrammes de DE VRIES différents mais très comparables, or le modèle est une réinterprétation de ces diagrammes.

2 – O*n peut obtenir la même VP pour des combinaisons très nombreuses des diverses catégories d'espèces.*

C'est exact, mais pas n'importe les quelles ainsi on ne peut pas trouver une VP très faible avec beaucoup d'espèces de bonne valeur.

3 – *Il n’est pas validé par l’expérimentation ;*

Le modèle peut parfaitement être confronté à des observations concrètes, mais il en faut beaucoup dans la même région et très diversifiées, peu d’études sont assez complètes pour ce faire, mais c’est possible

4 – *Il est complètement abstrait et les coefficients ne sont pas explicité biologiquement ;*

Le but du modèle présenté n’est pas d’expliquer la répartition des espèces ni leur fonctionnement dans le jeu de la concurrence, il montre seulement comment fonctionne le calcul de la valeur pastorale ; en ce sens il est essentiellement structurel.

5 – *Il n’est pas réaliste parce que les animaux peuvent vivre dans des formations dites de valeur nulle ; en d’autre termes aucune espèce n’a de valeur nulle.*

Cette observation a déjà été analysée précédemment. Il est certain que les animaux, les vaches surtout puisque c’est pour elles que la VP a été imaginée aux Pays-Bas, peuvent consommer une végétation de valeur zéro. Mais nous tenons pour évident que c’est au détriment de leur conformation et de leur production. Ainsi, en période de sécheresse peux-t-on passer la période difficile avec des apports de paille. Mais d’abord la paille a-t-elle une valeur nulle ? ensuite, il faut assurer une alimentation en eau abondante ; enfin l’éleveur qui veux conserver son cheptel en bon état, faute de pouvoir acheter un foin convenable, humidifie la paille avec une solution azotée (d’urée par exemple).

6.6 - Valeur pastorale et plan d'amélioration

Il n'est pas recommandable, à bien des titres, de mettre en valeur toutes les surfaces susceptibles d'être utilisées en prairies dans une région. En particulier, celles qui présentent une VP inférieure à une valeur liminaire égale à la valeur pastorale moyenne diminuée de l'écart-type, ne justifient pas un investissement lourd. Elles gardent un intérêt scientifique et peuvent constituer des éléments intéressants du paysage dont la conservation peut être souhaitée, mais leur gestion, parfois délicate, relève d'une problématique multiusage différente de celle du pasteur.

Ce sont les unités herbacées qui ont une valeur supérieure à ce seuil qu'il est recommandable d'améliorer ; les investissements vont s'y prolonger plusieurs années (quelquefois 10 ou 20), mais resteront limités et leur charge sera supportable pour la comptabilité de l'exploitant. La valeur pastorale de l'herbage s'améliorera progressivement ; lorsqu'elle atteindra le seuil des bonne prairies, soit la valeur moyenne plus l'écart-type, les investissements pourront diminuer ; il suffira d'une gestion adaptée pour les maintenir à la valeur obtenue.

En effet, en raison de la loi du rendement décroissant, il est beaucoup plus onéreux d'améliorer une excellente prairie et de lui faire gagner 10 points que de faire le même gain sur une prairie moyenne.

6.7 - Une autre mesure de la valeur d'un pâturage

67.1 – Principe de la mesure

Dans les situations où la pondération des espèces est faite au moyen des coefficients d'**abondance dominance**, il y a deux propositions d'évaluation de la valeur du pâturage .

- Dans la première, les coefficients phytosociologiques sont traduits en recouvrement ce qui permet le calcul d'une valeur pastorale selon la méthode qui est exposée ci-dessus.

- La seconde opère directement sur les coefficients. On calcule en premier lieu la somme **Sp** des coefficients :

  - des très bonnes et des bonnes Graminées, **G5** et **G4**
  - des bonnes légumineuses **L3** et **L4**
  - des plantes-diverses fourragères **Df**

Puis la somme **St** de tous les coefficients de la station. Le coefficient de valeur **K** est égal à

67.2 – Exemple pratique

Le tableau VI.8 présente un relevé effectué en Belgique ; les espèces trouvées sont pondérées par une note d'abondance-dominance et les indices de valeur spécifique correspondants sont portés dans la dernière colonne. Les « bonnes espèces pastorales » sont surlignées en couleur. La somme de leurs notes d'abondance-dominance est

$$Sp = 18$$

Tandis que la somme de tous les coefficients est

$$St = 34$$

De sorte que la valeur du pâturage sera caractérisée par

$$\mathbf{K = 0,53}$$

67.3 – Commentaires

Une des principales critiques opposées au calcul de la valeur pastorale est la « subjectivité » des indices de valeur spécifiques. La même critique peut être faite à cette autre procédé de calcul ; en effet, qu'est-ce qu'une « **bonne espèce pastorale** » ? Peut-elle

Tableau VI.8 – Un relevé pastoral de Belgique extrait de Sougnez, 1957

Espèces	A/D	Is
Lolium perenne	3	10
Trifolium repens	4	8
Bellis perennis	2	1
Ranunculus bulbosus	3	0
Festuca rubra	3	4
Trifolium pratense	1	8
Plantago lanceolata	+	4
Rumex acetosa	2	3
Cerastium caespitosum	2	1
Poa trivialis	1	8
Centaurea jacea	+	1
Centaurea pratensis	1	1
Ranunculus acer	1	0
Taraxacum officinale	3	4
Dactylis glomerata	1	10
Trifolium dubium	+	5
Poa pratensis	+	8
Agrostis vulgaris	2	6
Anthoxantum odoratum	3	2
Achillea millefolium	2	0

être définie de manière plus « objective » ?

Le calcul du paragraphe précédent suppose que les « bonnes espèces pastorales » sont celles qui ont un coefficient **Is** supérieur à 4 (en couleur sur le tableau) ; mais si le seuil est porté à 5, milieu de l'échelle de variation (en bleu sur le tableau), alors le coefficient **K** tombe à 0.35 soit une perte de près de la moitié.

L'emploi des coefficient d'abondance-dominance suppose que les données ont été recueillies par un phytosociologue expérimenté, cela a été souligné dans les premiers chapitres. En effet, le coefficient **K** perd toute signification si l'observateur qui prétend représenter un tapis continu ayant un couvert quasi total donne une liste où une seule espèce a un coefficient de 3 ou 4, toutes les autres étant des « + » , surtout pour une flore de plus de 20 espèces !! Si cette espèce est une « bonne espèce pastorale » **K** prend la valeur illusoire de **UN** et si elle n'entre pas dans cette élite, **K** devient nul, même s'il y a présence ou faible recouvrement de nombreuses espèces pastorales.

Enfin, la précision de ces coefficients est très faible ; ils ont surtout une fonction de hiérarchisation.

6.8 – Un procédé simple utilisé en Afrique tropicale

En Afrique tropicale, la connaissance des valeurs bromatologique, donc des indices Is, des espèces est moins avancée qu'en Europe ; de plus, et peut être surtout, la composition floristique d'un pâturage est extrêmement variable d'une saison à la suivante et la valeur individuelle des espèces plus encore. C'est pourquoi, au niveau de l'inventaire un procédé plus simple que le calcul d'une valeur pastorale a été proposé pour un dignostic de première approximation.

Il suppose que l'observateur puisse répartir les espèces du tapis herbacé dans les trois groupes suivants :

- Graminées annuelles productives
- Graminées vivaces
- Autres plantes herbacées (y compris les graminées annuelles non productives)

68.1 – Savanes soudaniennes ou guinéennes

Pour ces savanes dont la végétation est dense, l'observateur calcule la contribution des ces groupes et reporte les contribution des deux premiers sur le graphique de la figure VI.15. La valeur de la végétation, donc du pâturage est donné par la couleur du secteur où se trouve le point représentatif correspondant.

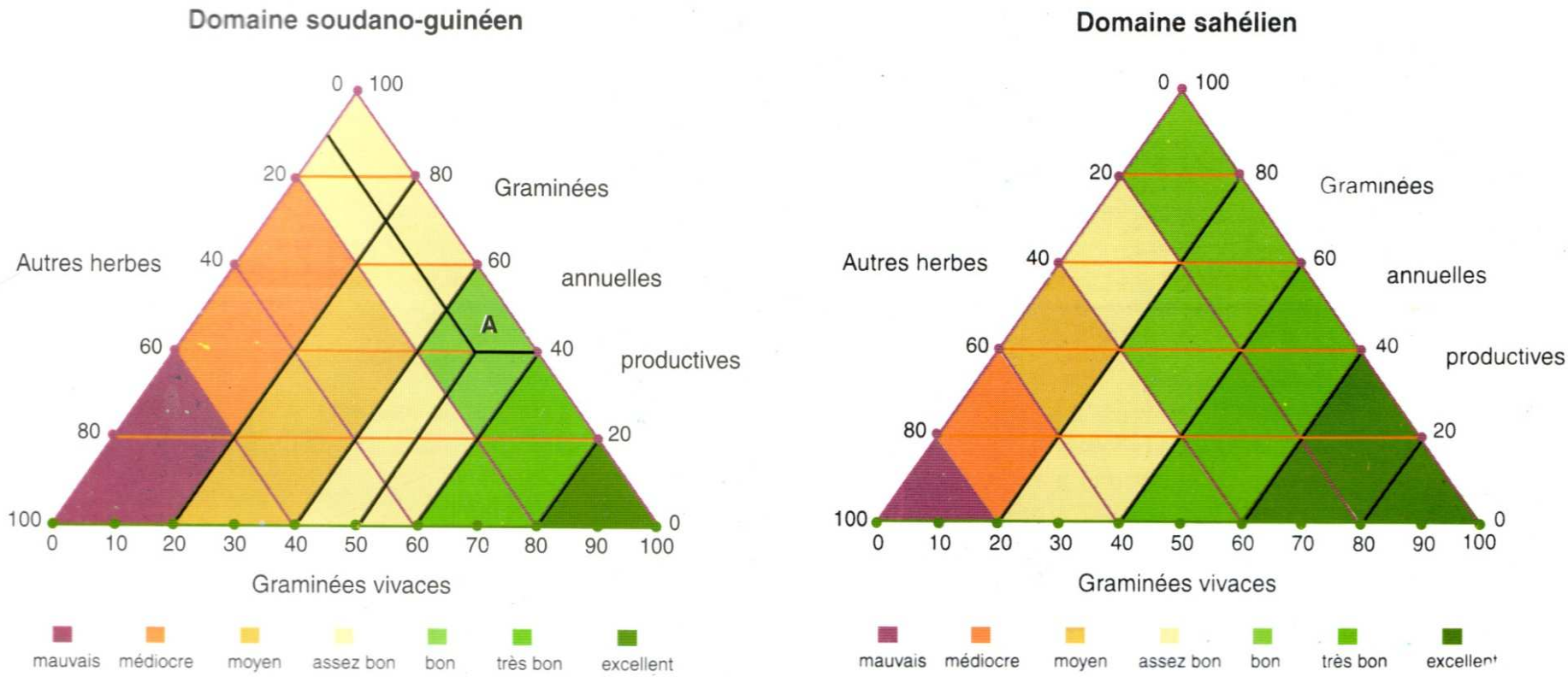


figure VI.15 – Evaluation de la qualité d'un pâturage herbacé africain

Le point A dénote le pâturage d'une savane soudanienne composée de 50 % de graminées vivaces, 40% de graminées annuelles productives et 10% d'autres herbacées ; cette végétation est **bonne**.

68.2 – Steppes sahéliennes ou sahélo-sahariennes

Comme dans le cas précédent, si la végétation est dense, donc s'il n'y a pas de sol nu, l'observateur calcule les contributions et reporte les deus premières sur le graphique de la figure VI.16. Les conclusions sont les mêmes.

Par contre, lorsque la végétation est ouverte, que le sol nu est apparent, il doit faire la somme des recouvrement d'une par des graminées annuelles productives et, d'autre part, des graminées annuelle et détermine sur la figure VI.16 la **valeur du pâturage ;** celle de la végétation serait obtenue. Ces deux valeurs peuvent être sensiblement différentes si la végétation est très ouverte.

6.9 – Conclusion sur la valeur pastorale

De nombreuses observations *in situ* dans de nombreuses régions sur les prélèvements des espèces par les bovins ou les ovins confirment bien la **notion d'espèces fourragères**. Parmi les espèces consommées, on retrouve, à quelques rares exceptions près, l'ordre de préférence attribué à ces espèces que traduit leur indice spécifique.

Le maintien de cet ordre de préférence pour les deux espèces animales considérées : ovins et bovins confirme le bien fondé de l'estimation d'une valeur pastorale standard.

Chapitre 7

Appréciation de la production des pâturages

Gentiana germanica et autres – Photo Daget

Liste des paragraphes

- **7.1 – Le problème …….7.04**
- **7.2 – Mesures directes sur la végétation ……7.07**
- **7.3 – Mesures indirectes sur la végétation ….7.30**
- **7.4 – Productions spécifiques ……7.46**
- **7.5 - Gestion de la charge ……...7.47**

7.1 – Le problème

La mesure de la **production** d'un pâturage n'est pas chose aussi aisée à effectuer que celle, par exemple, d'une céréale ou d'une culture de betterave. Dans une culture, dans un pré de fauche, la végétation est coupée, chargée, transportée et conservée ; il est facile de la peser au cours de l'une de ces étapes, ou même dans ce dernier cas de compter les balles sur le champ. En ce qui concerne la qualité de la récolte, elle pourrait être analysée sur un petit échantillon, ce qui n'est que très rarement fait en ce qui concerne les foins.

La végétation des pâtures n'est pas récoltée par l'exploitant mais prélevée directement par le bétail lui-même ; c'est ce qui fait toute la difficulté de l'estimation qui n'est possible que par voie indirecte. Il s'ajoute à cela un problème de vocabulaire (bien analysé par Cornet, 1981) (figureVII.1) par, selon les auteurs, la biomasse (ou phytomasse) épigée peut correspondre à 1, à 1 et 2, à 1 à 3 ou à 1 à 5...

Dans les pâturages permanents des régions humides ou les steppes, les compartiments 2 à 5 sont, le plus souvent négligeables ; il n'en est plus ainsi dans les pelouses très extensives ou, en région de montagne et en début de saison. Par contre le problème doit être pris en compte pour l'étude des savanes où ces compartiments peuvent devenir très importants après la saison sèche. Or ils constituent un matériau éminemment combustible (au point que certains désignent toute cette végétation vive et morte sous le nom de fuel ou fioul).

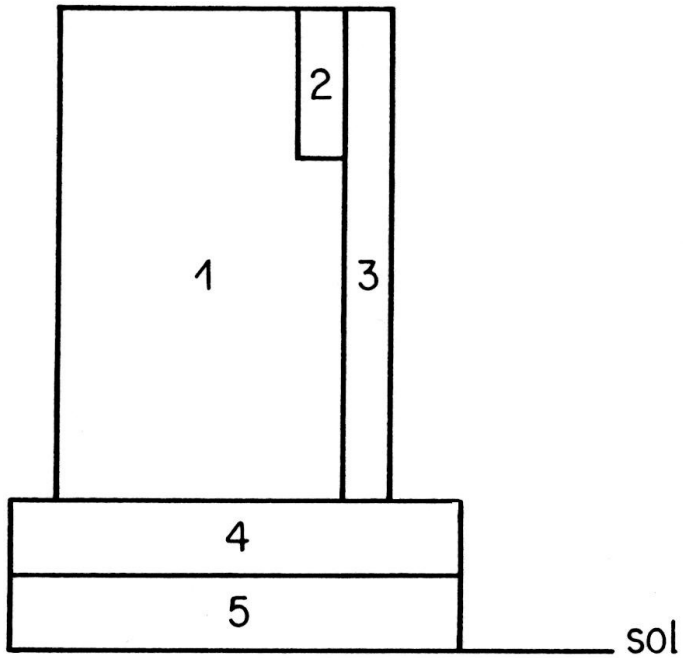


figure VII.1 - Répartition de la matière végétale aérienne dans une formation herbacée (d'après Cornet, 1981)

1. matière vivante - 2. matière morte encore fixée sur un individu vivant 3. matière morte érigé (individu mort) - 4. matière morte de l'année au sol 5. matière morte des années antérieures au sol

Deux procédés de mesure s'affrontent qui ont chacun leurs partisans inconditionnels :

- Le premier consiste à effectuer des mesures avant l'arrivée du bétail ou en empêchant les animaux de manger l'herbe sur de petites surfaces protégées par des cages disposées dans le pâturage ; l'herbe ainsi conservée est récoltée, séchée et pesée.

- Le second consiste à estimer la production de la végétation de manière indirecte d'après le bétail lui-même.

Ces deux approches seront envisagées successivement.

7.2 – Mesures directes sur la végétation

72.1 - Placeaux

721.1 - Description

La **méthode des placeaux** consiste à répartir dans le gazon à étudier un certain nombre de quadrats de 1x1 m (voir paragraphe 352.1) et à couper au ras du sol toute la végétation qu'il contient à l'aide d'un ciseau à gazon ou d'un sécateur dans le cas des espèces dont la tige a plus d'un centimètre de diamètre. On recommande habituellement d'utiliser 30 placeaux de 1x1, randonisés dans la station sur ¼ d'hectare ou régulièrement alignés et espacés de 50 cm.

Dans le cas de végétations herbacées hautes ou très hautes ou de végétations ligneuses basses, il conviendra d'utiliser les **quadrats métalliques en U** décrit au paragraphe 355.2. Leur mise en place sera faite de la manière qui y est décrite pour la pondération de la végétation et la récolte portera sur la totalité de la végétation enracinée dans le quadrat.

L'application de cette méthode est relativement simple en végétation rase et homogène où les placeaux peuvent même être plus petits (en 1850 Nielsen prenait des placeaux de 0,33 de côté). Elle se complique nettement si la végétation est haute ou très haute.

La végétation obtenue est introduite dans un sachet et immédiatement pesée, sur la parcelle, ce qui donne la masse fraîche ou masse verte.

721.2 - Séchage

Deux approches de la mesure de la **masse sèche** (souvent appelée improprement poids sec) sont possibles :

- par des mesures individuelles : après la pesée d'une récolte, transférer la végétation dans un sac en tissu lâche pour que l'eau constitutive puisse s'évaporer : gaze de coton, étamine légère (éviter les gazes plastiques) et conserver pour séchage intégral ultérieur.

- par une interpolation : après la pesée en vert, toutes les récoltes de la station sont réunies dans un même grand sachet, ou sur une bâche et mélangées avec soin par brassage ; une partie "aliquote" de 1 kilogramme est extraite et transférée dans un sac en tissu pour le séchage intégral ultérieur. Lorsque les quadrats ne suffisent pas pour atteindre le kilogramme, il faut, si c'est possible couper la végétation de quadrats supplémentaires jusqu'à obtention du kilo.

Les pesées sur le terrain sont rendues aisées par l'utilisation de pesons (figure VII.2). Il en faut plusieurs, en général trois : type pèse-lettre pour les masses inférieures à 100 g, un pour les masses de 100 à 1 000 g et un pour les masses de 1 à 5 kg ; ces derniers sont un peu coûteux, il faut en prendre soin.

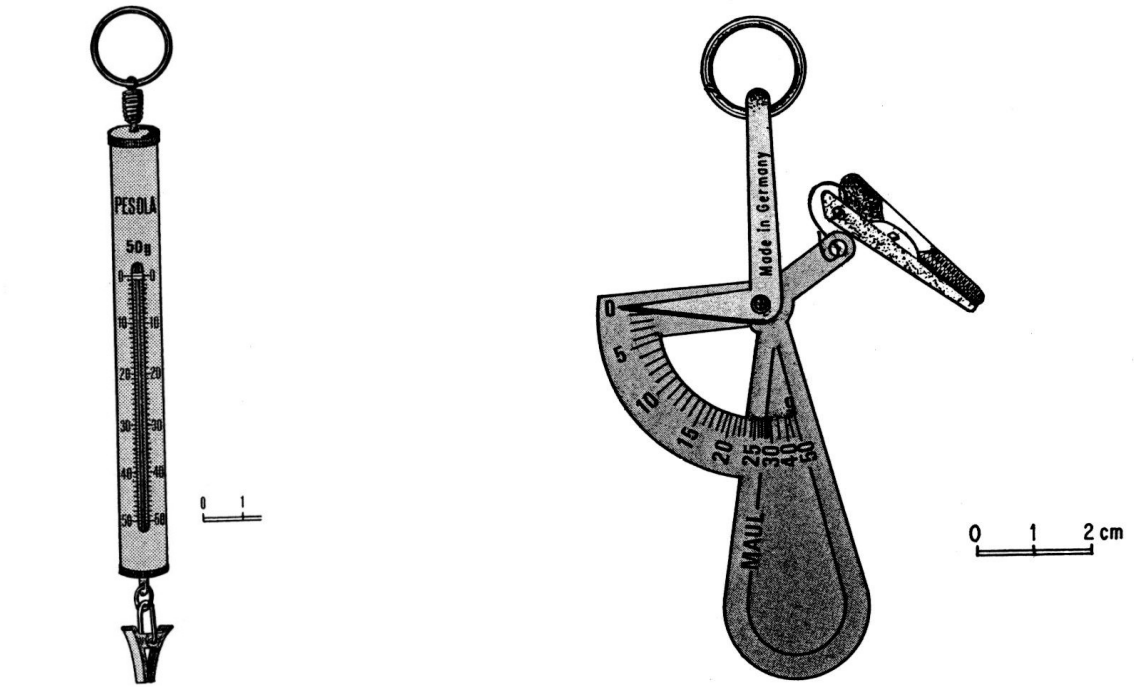
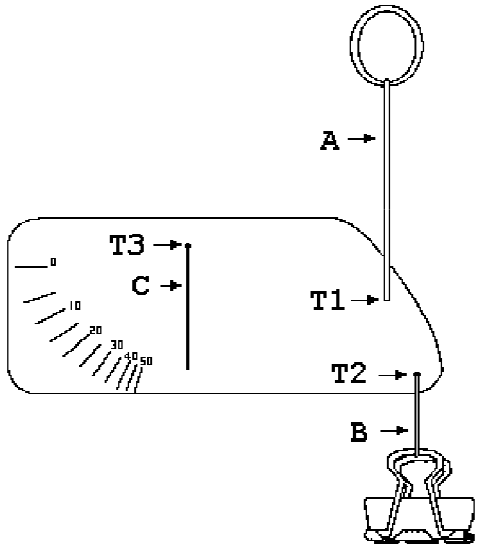


figure VII.2 - Peson à ressort et petite balance

Des balances romaines peuvent être employées de 100 g à 5 kg, elles ont une précision de 1 pour cent ; pour les masses plus faibles, un mode de construction a été proposé (figure VII.3), il permet d'avoir une balance efficace à un prix infime : A et B sont des fils passant par des trous T1 et T2, C une aiguille mobile dans le trou T3 ; le marquage est fait par étalonnage à l'aide de masses marquées.



figureVII.3 - Construction d'un peson simple (d'après Johnson *et al.*, 1988)

72.2 - Les disques

La hauteur de la végétation, mesurée par le **disk-mètre** décrit au paragraphe 331.1, correspond en fait à une mesure de biovolume puisque ce disque a une surface constante. Ce volume correspond à une masse particulière et il suffit de tester l'appareil pour pouvoir procéder à des mesures de biomasse en kilogramme par mètre carré ou en quintaux par hectare. Pour procéder à l'étalonnage, on choisit des emplacement bien différentiés dans un type de végétation particulier ; pour chacun de ces emplacements, 10 mesures de hauteur sont faites, chacune étant suivie par la coupe de l'aire couverte par le disque. La récolte est pesée, séchée puis pesée à nouveau. Toutes ces pesées sont mises en corrélation avec les hauteurs correspondantes (régressions linéaires simples).

En culture fourragère pure, les résultats sont excellents. Ainsi Castle donne les résultats de 23 essais dans des cultures fourragères de Grande-Bretagne ; tous les coefficients de corrélations obtenus sont hautement significatifs (au seuil 0,001) le plus faible est 0,800 et le plus fort 0,946 avec un coefficient moyen de 0,938. C'est moins brillant dans les pâturages proprement dits où tous les coefficients sont significatifs, mais seulement parfois au seuil 0,01 ; le plus faible est de 0,594, le meilleur 0,825 avec une moyenne de 0,706.

72.3 - Les cages

723.1 - Description

Une **cage** est constitué par un bâti solide, susceptible de résister à la fois aux manipulations des observateurs et aux heurts des animaux ; il est souvent fait avec des ronds pour béton armé. Les cages sont habituellement carrées, quelques observateurs utilisent des cages rectangulaires ou rondes. Selon la nature de la végétation, les dimensions sont habituellement les suivantes :

- steppes ligneuses, landes, broussailles : 4 x 4 ou 4 x 8 m, soit 16 ou 32 m2 ;
- steppes herbacées, jachère récentes, chaumes : 2 x 2 m, soit 4 m2 ;
- prairies permanentes, friches, cultures fourragères : 1 x 1 m soit 1 m2;.

Le cadre obtenu est recouvert de treillage. Une dizaine de ces cages, parfois moins, sont réparties çà et là dans le pâturage au hasard. Une fois positionnées, les cages sont fixées au sol. Elles restent en place tant que les animaux restent dans la pâture. Il est indispensable que les cages soient fermées sur le dessus, afin d'interdire aux animaux d'attraper le végétation par dessus les bords (figure VII.4).

figure VII.4 - Une cage dans un pâturage du Causse Larzac (photo D. Hubert)

Dans les régions où la végétation croît particulièrement vite, les plantes, et notamment les Graminées, traversent le grillage du dessus ; cela oblige à superposer deux cages, de manière à maintenir la protection.

Les cages décrites ici ont l'inconvénient d'être rigides et, par suite, d'un transport difficile. Mais d'autres réalisations plus maniables ont été proposées, par exemple en boulonnant au champ cinq panneaux en profilé d'aluminium et treillage plastique. De tels panneaux sont légers et inaltérables ils peuvent facilement être transportés, même à dos d'homme, jusqu'en haute montagne.

Toutefois, ces cages sont relativement coûteuses et risquent de tenter les passants indélicats ; par contre, on peut obtenir pour une somme modique, une cage ronde très efficace et démontable. Il suffit d’enfoncer à 30 cm dans le sol 4 piquets métalliques de 1,5 m à 1,2 m les uns des autres et de les entourer d'un fort grillage (de type Ursus) de 1,2 m de haut.

Au départ des bêtes, les cages sont retirées ; la végétation qu'elles ont protégé de la dent des animaux est alors coupée, séchée, pesée et, éventuellement, analysée. Le fait d'avoir placé dix cages donne dix mesures et permet le calcul d'une production moyenne et d'un intervalle de sécurité. Les coupes sont faites au ras du sol avec une grosse tondeuse manuelle ; la végétation obtenue est traitée comme dans la méthode des placeaux (voir paragraphe précédent)

Dans une végétation du Causse Larzac (D. Hubert, inédit) 5 cages de 1 x 1 m ont donné les productions suivantes, en grammes par mètre carré de masse verte :

217,1 109,0 93,1 108,9 207,2

soit une production moyenne de :

$$147{,}06 \text{ g.m}^{-2} \text{ ou encore } 1471 \text{ kg.ha}^{-1}$$

la variance correspondante est de 3584,71 soit un écart-type de 59,8725 et une erreur standard de 26,7758 ; avec 4 degrés de liberté, le t de Student est 2,7774 et l'intervalle de sécurité de la production moyenne :

$$147{,}06 \pm (26{,}778 \times 2{,}7774)$$

soit

$$72{,}69 < P < 221{,}43$$

en conclusion, étant donnée la variabilité entre coupes, la production moyenne à l'hectare est comprise entre 725 et 2220 kg.ha^{-1}, ce qui représente une incertitude vraiment très grande qui reflète l'hétérogénéité stationnelle.

En ce qui concerne le nombre précis de cages à mettre en place, plusieurs principes opposés s'affrontent. Pour certains, la précision des mesures augmentant avec le nombre de valeurs (ce qui est une loi statistique), il y a toujours intérêt à avoir un grand nombre de cages dans un pâturage ; on a même donné une formule pour calculer le nombre optimal pour une précision donnée. Pour d'autres, dont nous sommes, il est préférable de limiter ce nombre ; il y a à ceci plusieurs raisons : il faut que la surface mise en défens reste petite en regard de celle de la parcelle étudiée, il est intéressant d'avoir le même nombre de cages dans chaque unité analysée, ce qui facilite les comparaisons (par des analyses de variance simples équilibrées).

Les cinq cages citées ci-dessus faisaient partie d'un dispositif comparatif comportant cinq cages en zone découverte, cinq cages sous un couvert de 60% environ et cinq cages sous un couvert de 80% dont la végétation a été coupée à la fin du printemps ; dans un dispositif identique la végétation a été coupée à la fin de l'été. Le tableau VII.1 rassemble les valeurs obtenues :

Tableau VII.1 - Masse sèche observées par D. Hubert dans 30 cages situées dans un pâturage du Causse Larzac

Terrain	Répétitions	Printemps	Automne
découvert	1	334,4	101,3
	2	105,9	103,6
	3	135	71,5
	4	114,6	99,1
	5	409	66,9
couvert de 60%	1	217,1	105,9
	2	109	120,4
	3	93,1	70,6
	4	108,9	100,5
	5	207,2	89,9
couvert de 80%	1	173,8	92,2
	2	117,1	78
	3	87,2	99,4
	4	80,2	52,5
	5	193,6	52,6

Un tel ensemble de données se prête parfaitement à un traitement par l'analyse de variance. La plupart des précis de statistiques en fournissent des modèles (parmi les plus maniables, on peut recommander Snedecor & Cochran, 1968, 1980) ; les logiciels de traitement statistique utilisables sur ordinateur de bureau simplifient beaucoup le travail d'interprétation. Le tableau d'analyse de variance correspondant est le suivant :

Tableau VII.2 - Tableau d'analyse de variance sur les données du tableau précédent

Source de variation	Somme des carrés	ddl	carrés moyens	F	niveau
Effets principaux	56 349,09	3	18 783,30	4,41	0,02
Coupes	44 213,76	1	44 213,76	9,74	0,005
Couvert	12 135,33	2	6 067,66	9,75	0,28
Interaction	11 146,65	2	5 573,32	1,34	0,31
Résiduelle	108 873,80	24	4 536,41	1,29	
Totale	176 369,53	29			

Ce tableau montre, dans ce cas particulier, que le couvert n'a qu'une influence à peine significative sur la production tandis que celle de l'époque de la coupe est hautement significative ; l'interaction n'est pas significative. Les moyennes sont les suivantes (tableau VII.3) :

Tableau VII.3 - Production moyennes dans l'expérience d'Hubert sur le Causse Larzac

Traitements	Moyenne	Intervalle de confiance
Effet de la coupe		
Printemps	165,4	129,8 < m < 201,6
Automne	88,96	55,1 < m < 124,9
Couvert		
0	154,13	157,6 < m < 282
0,6	122,26	78,3 < m < 166,2
0,8	105,66	61,7 < m < 149,6

723.2 - Critique

La **méthode des cages** donne lieu à des pesées dont on sait que ce sont des manipulations physiques très précises ; les répétitions assez nombreuses permettent de calculer une précision statistique qu'il est possible d'améliorer en augmentant le nombre de données, donc ici de cages ; cela conduit parfois à extrapoler de ces précisions physique et statistique à une précision biologique qu'aurait le méthode des cages, et jusqu'à la considérer comme **LA** méthode rigoureuse de référence. C'est simplement une illusion. En effet, de très nombreux "incidents de parcours" peuvent grever les nombres obtenus d'une imprécision parfois ignorée de l'observateur.

Tout d'abord, on sait que le masse vive de la végétation sur pied par tranche égales est plus élevée lorsque ces tranches sont près de la surface du sol, pour diminuer rapidement au niveau du collet (figures VII.5 et 6). Il en résulte que la quantité récoltée dépend beaucoup de la hauteur de coupe. Celles-ci dépendent, en particulier, du matériel employé ; les moyennes suivantes sont souvent prises comme repères :

- barre de coupe sur tracteur : 7 cm env.
- mototondeuse : 3-4 cm
- tondeuse à mouton : 1-3 cm

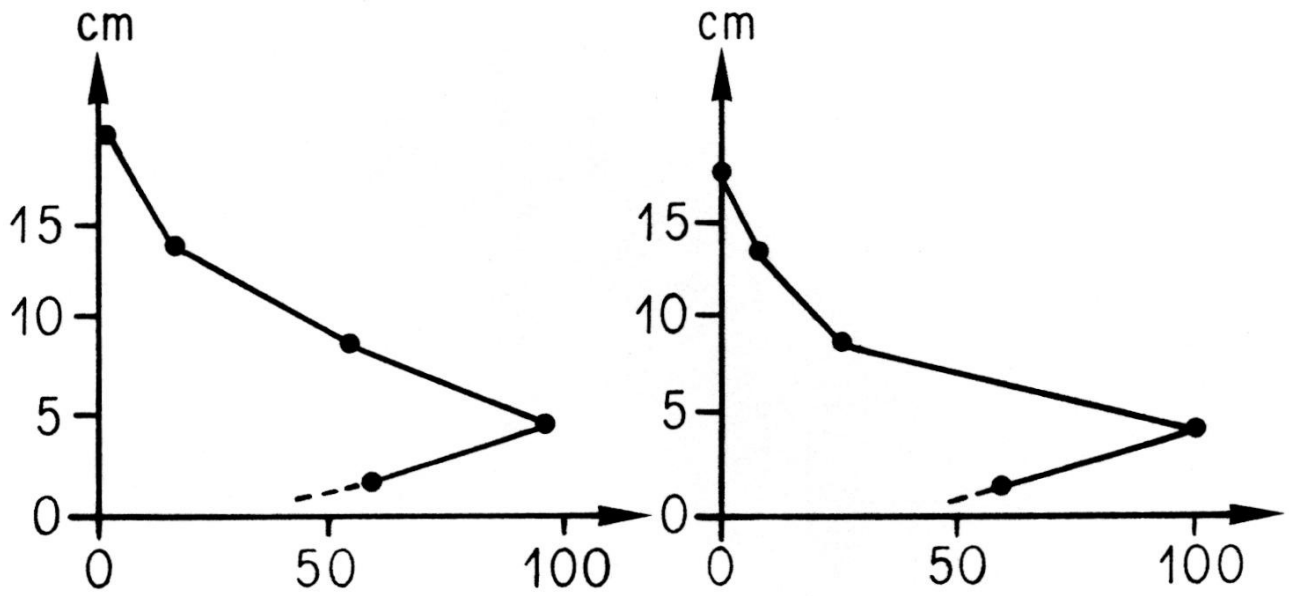


figure VII.5 - Répartition verticale de la biomasse dans une prairie

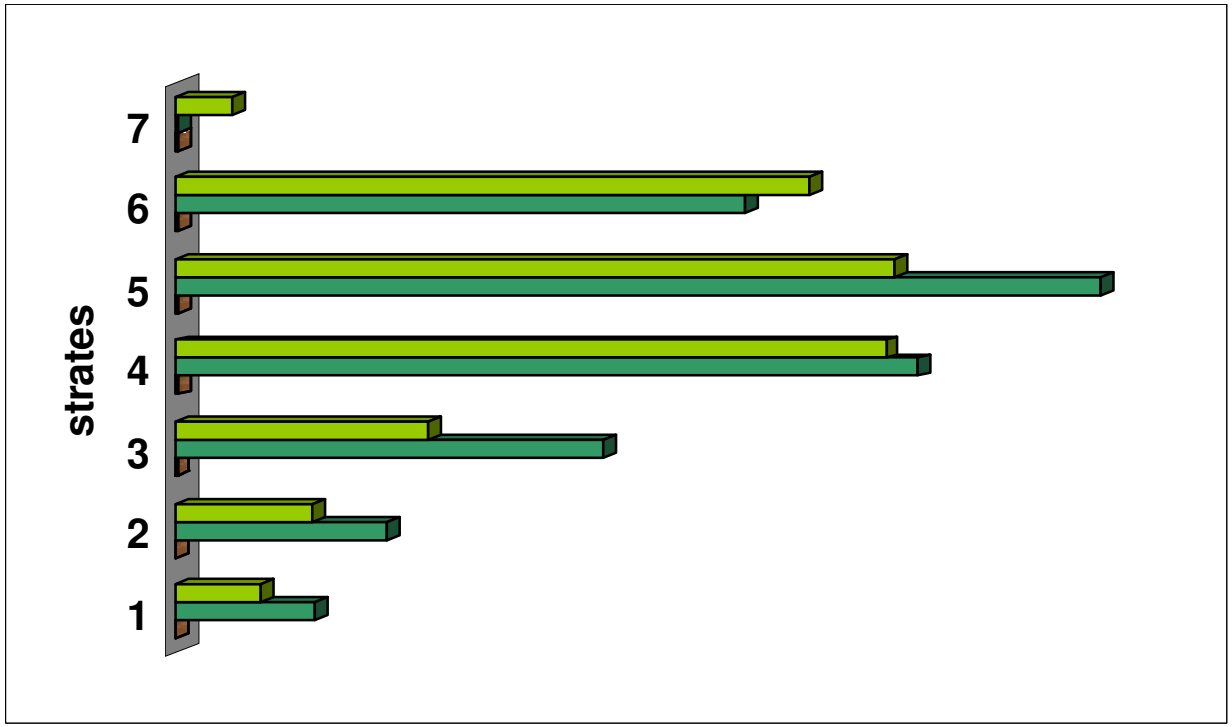


figure VII.6 - Répartition verticale de la biomasse dans deux savanes de Guinée (redessiné de Diallo 1981)

mais mêmes ces données sont insuffisantes ; d'abord la faucheuse ne peut être utilisée pour récolter d'aussi petites surfaces ; certaines motofaucheuses petites, légères et très maniables (figure VII.7) peuvent être utilisées parce que la hauteur de coupe peut être réglée entre 1 à 4cm; les tondeuses à mouton (figure VII.8) ne sont plus guère utilisées, non plus que les ciseaux à gazon (figure VII.9) ; on leur préfère la tondeuse électrique manuelle (figure VII.10) éventuellement équipée de joues (figure VII.11), or cet appareil peut couper la végétation herbacée à 0,9 cm de haut.

figure VII.7 - Petite motofaucheuse

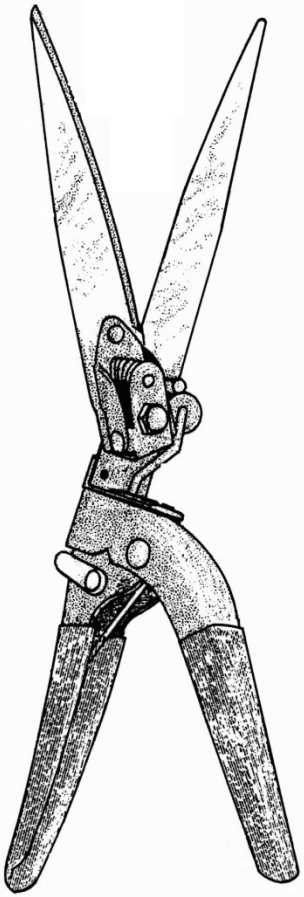
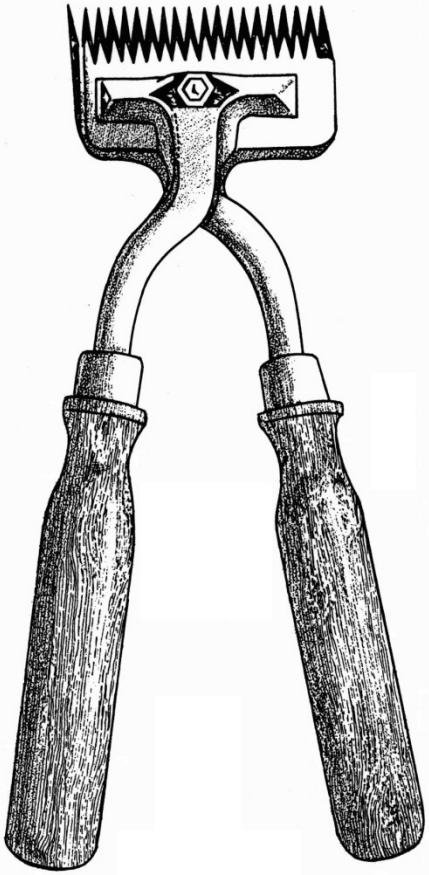


figure VII.9 - Ciseaux à gazon



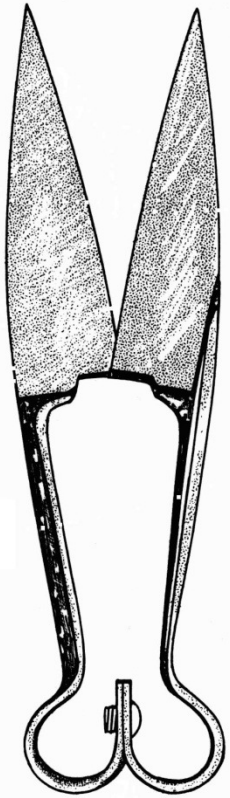


figure VII.8 - Tondeuses à mouton

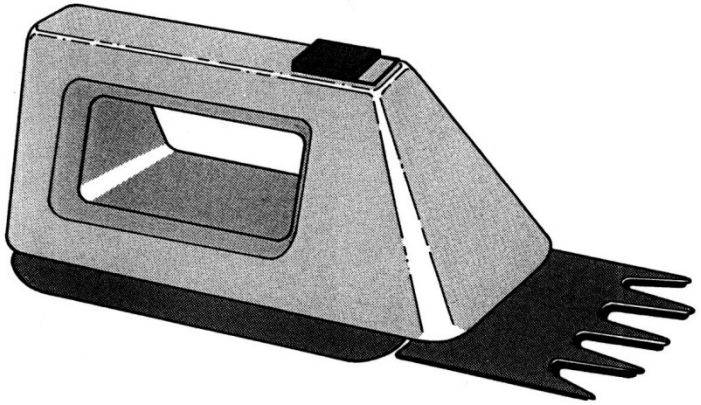


figure VII.10 – Cisaille à gazon électrique portative

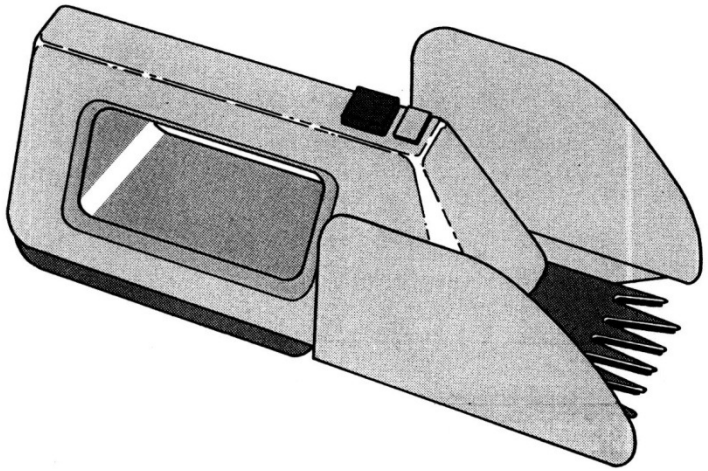


figure VII.11 – Cisaille équipée de joues par D. Hubert pour la récupération de la coupe

Discuter de la hauteur de coupe suppose qu'il y en ait une ! Cela ne peut être le cas que si la fauche est régulière, résultat très difficile à obtenir par une coupe manuelle. Des répétitions ne peuvent être efficaces que si la végétation d'où elles sont extraites est suffisamment homogène, ce qui est souvent difficile à estimer avant la mise en place. Ainsi, on voit sur l'exemple précédent les problèmes que posent l'hétérogénéité entre cages au niveau de la validité des résultats.

L'existence même de la cage induit des perturbations dans le système biologique où elle est placée. Il y a d'abord ce qu'il est convenu d'appeler l'effet de bordure : au voisinage de la limite de la cage, la végétation ne pousse pas de la même manière qu'en son centre parce que la discontinuité produite par la cage entraîne des modifications dans le jeu des pressions de concurrence, à l'extérieur il s'agit de concurrences de type pâturage tandis qu'à l'intérieur elles sont de type fauche. L'effet de bordure est proportionnel à la mesure du périmètre de la cage alors que la production mesurée est proportionnelle à son aire. L'effet perturbateur de le bordure augmente donc avec le rapport surface/périmètre. Ce rapport est minimal pour des formes rondes, et c'est pourquoi certains recommandent des cages rondes ; il est faible pour des surfaces carrées et augmente dans les surfaces rectangles d'autant plus qu'elles sont plus allongées. Sur la végétation du Causse Larzac l'effet de bordure est négligeable, et, en situation homogène, la production trouvée dans les cages ne diffère que de 50 $kg.h^{-1}$ de celle qui pouvait être obtenue en coupant de grandes parcelles.

Le Floc'h a constaté, dans les régions arides du Mexique, que, sur des cages beaucoup plus grandes que celles d'Hubert, les effets de bordure étaient suffisamment importants pour se rejoindre au centre de la cage ; plus, il apparaissait un effet de bordure externe tout aussi important et lié à l'attirance créée par les cages sur le animaux. C'est pour empêcher les modifications dans le jeu des pressions de concurrence d'avoir des effets cumulatifs qu'il est recommandé de ne jamais remettre des cages deux fois de suite aux mêmes emplacements.

Les coupes effectuées à l'emplacement des cages ôtent la totalité de la végétation, les espèces palattables comme celles qui ne le sont pas et qui seraient restées sous forme de refus dans un pâturage réel (c'est la cas de *Senecio jacobaea* dans les prairies permanentes, de *Peganum harmala* dans les steppes, en particulier d'Iran) ; elles peuvent donc fournir des chiffres de production très différents de la production végétale réellement mangée. D'autre part, la cage interdit l'action de la dent animale, les espèces ainsi protégées ont une croissance "normale", à l'extérieur, les espèces peuvent présenter une croissance végétative plus active stimulée par le broutement (tant qu'il n'y a pas de surpâturage bien sûr). Enfin, ces coupes font un travail uniforme, ce qui n'est pas le cas de l'animal ; pour certaines espèces, l'animal mange des extrémités (petits rameaux, feuilles) qui peuvent ensuite repousser alors que la coupe enlève toute la plante qui ne pourra plus pousser ; c'est le cas de *Artemisia herba-alba* dans les steppes méditerranéennes, de *Thymus vulgaris* dans les tomillards et les ermes.

Enfin, trop souvent, on oublie l'importance des prélèvements effectués par les **animaux sauvages** sur le pâturage ; et la production des cages qui isolent la végétation du troupeau mais pas des petits herbivores peut être sensiblement différente de celle des cages à très petites mailles qui font un isolement complet.

7.3 – Mesures indirectes sur la végétation

Le pâturage est destiné à l'alimentation des animaux domestiques du troupeau ; il est donc logique d'étudier ses performances relativement à sa finalité, donc par rapport aux animaux. C'est ce que permet l'étude rationnelle du **carnet de pâturage**.

73.1 - Charge

La **charge** d'un herbage exprime sa capacité à alimenter un troupeau ; elle est mesurée par la quantité d'animaux alimentés rapportée à l'aire du pâturage et au temps de consommation. Beaucoup d'autres unités sont employées, mais il faut retenir ici qu'il s'agit d'apprécier une valeur annuelle qu'il faut distinguer de la charge étudiée ici de la charge instantanée correspondant à l'effectif en place à un moment donné.

731.1 - Concept et unités

Au cours du Congrès des herbages de Nice en 1988, un des conférenciers s'est étonné de ce qu'on trouve trop souvent des travaux évaluant la charge d'un pâturage en "vache à l'hectare" ou en "mouton à l'hectare" ; il aurait pu ajouter, pour être tout à fait général, en "hectares par mouton" pour inclure les travaux sur les régions arides. Cela peut s'expliquer dans une petite zone au sein de laquelle tous les éleveurs ont des animaux comparables parce que de la même race.

Mais il est impossible de comparer des études portant sur le nombre de "vaches" par hectare quand on sait que dans la région pontique turque les vaches adultes font 250 kilogrammes et que la race Romagnole dépasse la tonne... La comparaison et la rationalisation des appréciations nécessitent le recours à des unités synthétiques. C'est ainsi que l'on a utilisé :

- La **vache standard**, destinée à compenser les différences d'âge et de stade de lactation des animaux au pâturage ; c'est une vache de même race, âgée de 8 ans et arrivée au 2ème mois de lactation.

- La **masse vive**, ou masse sur pieds ; se contente de ramener à l'hectare la somme des masses de tous les animaux dépaissant le pâturage ; on dit encore, quoique improprement "poids vif".

- Le **masse métabolique** : La dépense énergétique des animaux augmente en proportion de la surface de leur corps qui est elle même liée à la masse corporelle par la puissance 0,75 : $S = M^{0,75}$; est aussi appelé improprement " poids métabolique ".

- La **masse compensée** ou "**standard livestock unit** " (**SLU**), correspondant, en première approximation, à une vache sèche de 500 kg. Il est calculé à partir du "poids métabolique", mais avec un coefficient k variant avec l'espèce : pour les bovins k = 0,00946 ; pour les ovins et les caprins k = 0,0067.

- **L'Unité de gros bétail (UGB)** qui correspond à une vache de 600 kg consommant 3000 UF et produisant 10 litres de lait par jour (soit 3 000 litres par an) à 40 $gMS.l^{-1}$ (soit 19 $kgMS.j^{-1}$)

- Le **Livestock unit (LU)** des pays anglo-saxons et de l'Irelande est l'équivallent de l'UGB

- **L'Unité ovine (UO)** qui correspond à une brebis suivie augmentée de 1/25 par bélier, de 1/5 d'"antenaise" et 1/100 d'antenais (jeune ovin dans la seconde année de son existence) donc 100 UO correspondent à 100 brebis et leurs agneaux, 4 béliers, 20 antenaises et 1 antenais.

- **L'Animal unit (AU)** des américains correspond à un bœuf de 3 ans .

- Le **Stock Unit (SU)** des Néo-Zélandais correspond à une brebis allaitant un agneau; deux « sous-unités » sont utilisées, la **LSU** (Large Stock Unit) et la **SSU** (Small Stock Unit) avec 1 LSU = 6 SSU ; la LSU semble voisine de l'UBT avec 1 LSU = 0.7 UGB.

- Le **Cow Dairy (CD)** des Australiens correspond à une vache laitière en un an…

731.2 - Commentaires

La **vache standard** est une unité comparative qui peut être intéressante pour comparer des consommations et des écarts à la consommation standard à l'intérieur de la zone d'extension d'une race ; elle manque trop de généralité pour être retenue à petite échelle. Elle ne permet pas de comparer des consommations par des ovins ou des équins à celle d'un troupeau de bovins.

L'unité ovine ne permet pas non plus ces comparaisons et n'a donc pas un caractère suffisamment général pour sortir des cercles des spécialistes du mouton. Elle a pour équivalent énergétique 350 à 430 UF selon les auteurs, ce qui correspond à l'imprécision de la définition, la masse d'une brebis dépendant de sa race. Sur son modèle ont été créées des unités caprine, asine, chevaline et cameline...

La **masse vive** a le défaut inverse d'être trop générale ; on sait en effet que le métabolisme d'un animal de petite taille est beaucoup plus actif que celui d'un animal de grande taille. En d'autres termes, il faut plus d'énergie (et d'oxygène) pour faire vivre un kilogramme de petite bête, que pour un kilogramme de grosse bête ; donc un kilogramme d'agneau de la steppe par exemple est plus « énergivore » qu'un kilogramme de taureau Maine-Anjou.

La "**masse métabolique**" permet de confronter l'incomparable ; ainsi, il faut 6500 campagnols pour faire la masse d'une vache de Salers, mais 725 seulement pour manger sa ration, or en phase de pullulation, il peut y en avoir jusqu'à 800 par hectare ; dans la majorité des cas il ne reste donc rien à manger pour la vache... Il faut 67 gazelles pour faire la masse d'un éléphant, mais 23 seulement pour manger sa ration (heureusement pour les Réserves, ils ne mangent pas les mêmes végétaux). Il faut 2 000 chiens de prairie pour faire le masse d'un bison, mais seulement 300 pour manger sa ration, or il peut y en avoir plus de 100 000 par kilomètre carré ; ils consomment autant que 333 bisons !

L'unité gros bétail correspond à une vache restant un an sur l'exploitation compte tenu desaconsommation en unités fourragères, il est possible de convertir tous les animaux de l'exploitation en UGB. Plusieurs unités dérivées ont été créées : l'UGBT ou **UBT unité de gros bétail tropical**, encore appelée **unité zébu**, correspondant à un bovin de 250 kg consommant 3.4 UF par jour, l'UGBL unité de gros bétail laitier, l'UGBB unité de gros bétail bovin opposée à l'UGBO Unité de gros bétail ovin. Toutes sont utilisées pour des besoins particuliers ; en tous cas il faut se souvenir que, en toute première approximation

1 UGBT = 0,5 UGB

Les correspondances suivantes sont couramment admises dans les régions arides :

1 chèvre = 1,0 UO

1 âne = 2,5 UO = 0,3 UBT

1 mulet = 5,0 UO

1 vache = 5,5 UO

1 cheval = 6,5 UO = 1,1 UBT

1 chameau = 7,2 UO = 1,7 UBT

Un mouton de 40 à 45 kg, valant 1 UO consomme 1 à 1,3 kg MS par jour et a besoin de 3 à 3 litres d'eau par jour. Dans les calculs de charge optimale, il faut tenir compte des réserves à faire pour les années difficiles. Pour les années de disette (30% des années, soit 3 sur 10) il faut prévoir une réserve fourragère équivalente à 40% des besoins normaux. Pour les années de disette sévère (10 à 15% des années, soit 2 sur 20) il faut 80% des besoins normaux.

Mérinos d'Arles

Maroua

Photos Internet

Sénégal

Mali

Photos Internet

Belgique

Grande Bretagne

Etats-Unis

731.3 - Calcul de la charge en UGB

7313.1- Principes du calcul

Le principe général est de rapporter les besoins des animaux dépaissant sur un pâturage à la durée de leur séjour. Cela suppose que ces besoins sont couverts par la végétation, donc ce mode de calcul n'est applicable qu'aux systèmes en équilibre. Lorsque ce n'est pas le cas, il convient d'estimer l'état des animaux à l'entrée et à la sortie et d'en faire le bilan. Cela suppose aussi que l'observateur puisse disposer d'un **carnet de pâturage**. Il s'agit d'une sorte de registre dans lequel l'éleveur enregistre les dates d'utilisation des parcelles et la nature du troupeau ou de la fraction de troupeau en place. Bien entendu, un tel carnet est rarement tenu, et n'existe même pas en rêve dans de nombreuses régions ; cependant, l'éleveur ne fait pas n'importe quoi n'importe comment, une interrogation adroite doit permettre à l'enquêteur la reconstitution de ce carnet. Le travail est plus difficile lorsqu'il s'agit d'un élevage nomade ou d'un pâturage libre, mais là encore une interrogation adroite permet d'appréhender la problématique du pasteur et de savoir ou, quand et combien de temps a séjourné son troupeau. Lorsqu'il s'agit d'animaux sauvages ou en semi-liberté, des méthodes d'investigation portant sur le suivi des animaux doivent être mises en oeuvre ; les résultats seront moins précis mais utilisables.

7313.2 - Exemple de calcul de la production nette d'un herbage

Un exemple dans les pâturages du Cantal (France) permettra d'illustrer le mode d'analyse d'un carnet de pâturage.

Dans un premier temps, il convient de procéder à une étude phyto-écologique complète de l'herbage envisagé (ce qui est traité par ailleurs) et de le localiser de manière précise ; cela correspond aux indications portées dans la partie supérieure du tableau VII.4. Le second stade est plus spécialement consacré au troupeau. Pour en connaître les besoins, il faut connaître avant tout sa composition et ses performances

Race des animaux : ici ce sont des Salers.

Nature et nombre : il sera plus commode d'utiliser le vocabulaire local pour désigner ces bêtes, ici le troupeau comporte 19 vaches adultes et un "bourret" (jeune mâle dans sa seconde année, la femelle correspondante étant une "bourrette")

Performances moyennes ; on se renseignera sur le masse moyenne de chaque catégorie d'animal pour pouvoir calculer la ration d'entretien et sur les productions moyennes en litres de lait par jour pour les femelles, en kilogramme de viande par jour pour les mâles et les bêtes à l'engrais, en kilogramme de laine, etc. pour pouvoir calculer la ration de production.

figure VII.5 – Exemple d'une fiche de calcul de la production nette : un pâturage du Cantal (France)

ANALYSE DE LA PRODUCTION NETTE D'UN PATURAGE

Numéro 17
Auteur ..... P
Année 19.96

Département Cantal ..... Commune Drignac .....
Lieu-dit ..... N° de la parcelle cadastrale .....
Nom de l'exploitant La Pierre .....

Composition du cheptel			Moyennes		Besoins énergétiques journaliers		
Race	Nature	Nombre	Masse	Production	Entretien	Production	Total
Salers	vaches	19	600	10 l/j	4,40	3,8	8,2
	Bouvet	1	400	0,40 K/j	3,25	1,2	4,5

Nombre de jours de paissance : 60
Surface du pâturage : 3,25 ha

Besoins énergétiques totaux du cheptel
(3,2 x 19) + (4,5 x 1) + ... : 160,3
Apport énergétique par les suppléments : – 0
Apport de la végétation pâturée : 160,3 UF
Production nette annuelle de la végétation
160,3 UF x 60 jours = 9618 UF. an^{-1}

$$\frac{9618 \text{ UF. an}^{-1}}{3000} = 3,21 \text{ UGB . an}^{-1}$$

Production moyenne annuelle à l'hectare en unités standards

$$\frac{\text{UGB . an}^{-1}}{\text{Surface en ha}} = \frac{3,21}{3,25} = \boxed{0,99 \text{ UGB . ha}^{-1}\text{. an}^{-1}}$$

L'appréciation de la masse des bêtes ne peut être faite que par un spécialiste. Parfois, l'exploitant peut en donner une idée précise ; parfois il faudra s'adresser à un marchand de bestiaux local ; en dernier recours, les livres de zootechnie donnent des chiffres qui peuvent servir à caler des fourchettes d'appréciation (Les tables de **Leroy**, 1954b ; **Quittet**, 1963 ; **Ann**. 1987a b c d, bien qu'un peu anciennes pourront être utilisées avec fruit). La connaissance des moyennes permet de calculer les besoins énergétiques journaliers de chaque catégorie de bêtes. Pour mesurer ces besoins, **Kellner** a pris pour base la quantité d'énergie contenue dans un kilogramme d'amidon, c'est l'unité amidon, **Armsby** préfère les mesurer en calories (comme on le fait en diététique humaine), mais il est plus parlant d'employer **l'unité fourragère** (UF) qui correspond à la quantité d'énergie contenue dans un kilogramme d'orge. Naturellement, on passe facilement d'une unité à l'autre de ces unités par :

1 UA = 1,36 UF = 2360 kcal

1 UF = 1730 kcal

Plus encore que l'appréciation de la masse, le calcul des besoins énergétiques ne peut être fait que par un spécialiste ou en utilisant un manuel (Citons ceux de Leroy, 1954 ; Rivière, 1978 ; Jarrige Edit., 1988 ; Soltner, 1988), mais alors les calculs doivent faire l'objet d'une vérification par quelqu'un de compétent. D'après les tables de rationnement, on peut

obtenir les besoins des animaux ; les relations approchées suivantes, obtenues par régression à partir des tables, peuvent aider au calcul des rations d'entretien :

- **Pour les bovins**, si **P** est la masse en tonnes, la ration journalière sera :

$$R = 0{,}43 + 7.65\ P - 1{,}69\ P^2$$

- **Pour les ovins**, si **P** est la masse exprimé en quintaux, la ration journalière sera :

$$R = 0{,}18\ P - 0{,}36\ P^2$$

- **Pour les chevaux**, si **P** est la masse en tonnes, la ration journalière sera :

$$R = 1{,}036 + 0{,}710\ P - 0{,}011\ P^2$$

- **Pour les dromadaires** à l'avis des quelques spécialistes, ***rien ne permet de définir les besoins du dromadaire***... faute de référence et parce que les rares études disponibles sont partielles et portent sur un nombre trop faible d'animaux... en ce qui concerne le calcul de la ration d'entretien, les recommandations relatives aux bovins semblent pouvoir être transposées au dromadaire.

- **Pour des mâles entiers**, il faut majorer les rations de 5 pour cent, donc les multiplier par 1,05

- **Pour des femelles en gestation**, il faut multiplier les rations par 1,5

Reprenons l'exemple du tableau 6.4

- **Ration d'entretien** : une vache de 600 kg a besoin de 4.4 UF par jour, donc 19 vaches de 600 kg ont besoin de 83.6 UF par jour, un jeune mâle de 400 kg de 3.25

- **Ration de production** : on compte 0,38 UF par kilogramme de lait, donc ici le besoin de chaque vache est de 3.8 UF par jour ; l'engraissement d'un bovin qui va sur ses 2 ans demande 3 UF par kilo de croît, donc ici 1,2 UF par jour

Besoins journaliers :

- pour les vaches : 19 x (4.4 + 3.8) = 19 x 8.2 = 155.80
- pour le mâle : 3.25 + 1,2 = 4.45
- soit au total : 155.8 + 4.5 = 160,3

L'enquête a montré que ce troupeau, pendant la durée de son séjour dans la parcelle étudiée ne recevait aucun complément ; par conséquent, la totalité des besoins est couverte par la végétation pâturée, soit 160,3 UF par jour. Elle a montré en outre que le troupeau ne restait, au cours de l'année, que 60 jours dans cette parcelle dont la surface est de 3,25 hectares. La parcelle a donc fourni au bétail :

160,3 x 60 = 9 618.0 UF pour l'année

soit une production à l'hectare de :

$$9\,618.0 : 3.25 = 2\,959.4 \text{ UF}$$

Il ne s'agit, dans le calcul présenté ici que d'une première approximation destinée à caractériser la production annuelle du pâturage ; le calcul complet de la ration alimentaire va plus loin ; il prend en compte les besoins en matière azotée digestible, en éléments minéraux, etc. ; il tient compte de la teneur du lait en matières grasses (On en trouvera les détails dans divers ouvrages de zootechnie comme **Leroy** (1954), **Soltner** (1988a), **Jarrige** (1988) ou **Clark** (2001). Ce calcul complet a fait l'objet de logiciels proposés aux éleveurs qui pratiquent l'élevage intensif de manière à les aider à orienter leur travail en distinguant des UFL relatives à l'élevage laitier et des UFV relatives à l'élevage d'engraissement. Notre propos porte sur des exploitations d'élevage extensif pour lesquels les raffinements modernes ne sont pas utiles alors qu'ils sont indispensables aux premiers.

731.4 - Quelques correctifs

Les besoins totaux en énergie doivent être majoré d'une certaine quantité de calories pour couvrir les dépenses relatives aux déplacements nécessaires aux animaux pour trouver leur alimentation. Parmi les diverses méthodes d'approches qui ont été proposées, la plus simple consiste à estimer ces besoins à :

0,59 cal par kilogramme de masse vive et par mètre de déplacement horizontal

6,45 cal par kilogramme de masse vive et par mètre de déplacement vertical

Supposons que le troupeau précédent ait à parcourir 2 kilomètres correspondant à une dénivelée de 1 200 mètres pour accéder au pâturage (localement appelé "montagne") pour le déplacement horizontal il faudra à chaque vache 600 x 2 000 x 0,59 = 708 000 calories pour gravir la dénivelée, il leur faudra 600 x 1 200 x 6,45 = 4 644 000 calories donc la dépense à couvrir est de 5 352 000 calories ou 5 352 kcal pour les quelles il faut une ration supplémentaire de 3 UF pour le trajet.

731.5 - Exemple de la production nette d'une exploitation

La production nette d'une exploitation prise dans son ensemble sera vue à partir de l'exemple d'une exploitation de la région de Safi au Maroc. Cette unité d'exploitation comporte :

- 4 vaches de 250 kg à 1200 litres de lait
- 2 veaux sevrés assez tôt
- 1 âne

La ration d'entretien des vaches sera de 2.2 UF par jour, soit 3270 pour l'année ; celle de production sera de 1824 UF. Pour les vaches, il faudra compter 5094 UF plus 1500 pour

les veaux et 1400 pour l'âne. Le total des besoins de l'exploitation se monte donc à 7854 UF ; si ces besoins sont couverts par l'exploitation, ce chiffre mesure la production nette de l'exploitation, sur le plan de l'autoconsommation naturellement.

73.2 - Synthèse

Quelque soit le mode d'appréciation de la production d'un herbage, une conclusion générale s'impose que nous emprunterons à Boudet :

«Les essais de charge avec bétail sont indispensables et permettront seuls d'améliorer les estimations pouvant être effectuées à partir de mesures de production en fourrages par fauche, pesées et analyses de laboratoire »

et nous ajouterons ou à partir d'observations indirectes d'après la composition du tapis végétal.

73.3 - Charge et production animale

La production animale par unité de surface **P** résulte du produit de la production individuelle **p** par le nombre d'animaux, c'est-à-dire par la charge **Ch** :

7.4 – Productions spécifiques

Connaître la production d'un pâturage est intéressant, mais parfois insuffisant. Étant donnée les différences de valeur et de constitution chimique des différentes espèces, il n'est pas indifférent de savoir de quelles espèces une biomasse particulière est constituée. On sait que le manque d'éléments minéraux dans l'alimentation du bétail justifie pour une large partie leur nomadisation qui ne sont pas, contrairement à ce qui a été dit, des errances dans l'immensité vide de la steppe, mais des déplacements programmés en direction de certaines zones riches en éléments minéraux, les **cures salées** .

De la même manière, il a été montré que les déplacements des hardes d'animaux sauvages correspondent à la recherche de pâturages riches en éléments minéraux. Dans les régions tempérées, le problème ne se pose pas dans les mêmes termes, mais il reste important : la biomasse disponible, tant en pâture que sous forme de foin, n'a pas la même valeur selon les espèces qui la constituent, selon qu'il s'agit de très bonnes graminées ou de graminées sans valeur, selon qu'il y a de bonnes légumineuses palatables ou non. La participation des différentes espèces à la constitution de la biomasse est caractérisée par leur CSM (contribution spécifique masse) elle même étroitement liée tant à la contribution spécifique présence CSP qu‘à la contribution spécifique contact CSC . Ces différentes liaisons ont été analysées dans le paragraphe 4.3.

7.5 - Gestion de la charge

La **gestion de la charge**, annuelle ou instantanée, est toute la problématique du fonctionnement du système d'élevage. Elle dépend de l'objectif que se fixe l'éleveur :

- exploite-t-il des terres collectives ? il aura tendance à surcharger pour récupérer le plus possible de disponible fourrager et « ***récupérer*** » un maximum de fertilité ; tendance préjudiciable au renouvellement de la ressource...

- ou des pâturages privés ? il devra ménager son patrimoine tout en maximisant son produit net et ses pratiques seront différentes si son élevage est laitier ou non, s'il engraisse du bétail ou s'il "finit" des animaux, s'il élève des bovins, des ovins ou des caprins...

- et s'il est locataire, ses modes de gestion ne seront pas les mêmes s'il est en début de bail ou s'il le termine...

Cela souligne l'importance de l'enquete pastorale détaillée dans un des chapitres suivants.

Chapitre 8

Dynamique de la végétation et des pâturages

Un troupeau de moutons nigériens – Photo Cirad/Emvt

Liste des paragraphes

- **8.1 – Introduction ……..8.04**
- **8.2 – Approches globales ……..8.07**
- **8.3 - Modifications de la structure ……..8.19**
- **8.4 – Evolution des relations interspécifiques ……8.42**
- **8.5 – Suivi de la biomasse des pâturages ……8.62**
- **8.6 – Aléas climatiques, flore et végétation ……8.74**
- **8.7 – La dégradation par le surpâturage ……8.82**
- **8.8 – Place des pâturages dans la dynamique des paysages..…8.94**

8.1 - Introduction

Il est connu depuis longtemps que l'utilisation abusive des pâturages entraîne une dégradation du tapis végétal et qu'une modification de la gestion est à l'origine de changements importants de la végétation puis de la flore. Boitel insistait déjà beaucoup à la fin du XIX° siècle sur ces aspects évolutifs qui sont souvent sous estimés par certains herbagers. Malgré le nombre de travaux publiés sur l'évolution floristique des pâturages sous l'action de telle ou telle pratique, ils sont nombreux encore ceux qui imaginent l'herbe comme une donnée préalable globale. Ces "pastoralistes" issus de la ville et travaillant en pays humide ont du mal à comprendre que "*the fact that British grasslands are maintened in a relatively stable form is a reflex of the* ***stability of management*** *and land utilization superimposed upon them*" ainsi que l'écrivait le Professeur Davis qui fut longtemps directeur du Grassland Research Institute of grest Britain

L'état actuel observé de la végétation d'un pâturage résulte d'un jeu complexe d'influences et d'interactions réciproques

C'est ce qui a été schématisé simplement sur la figure VIII.1.

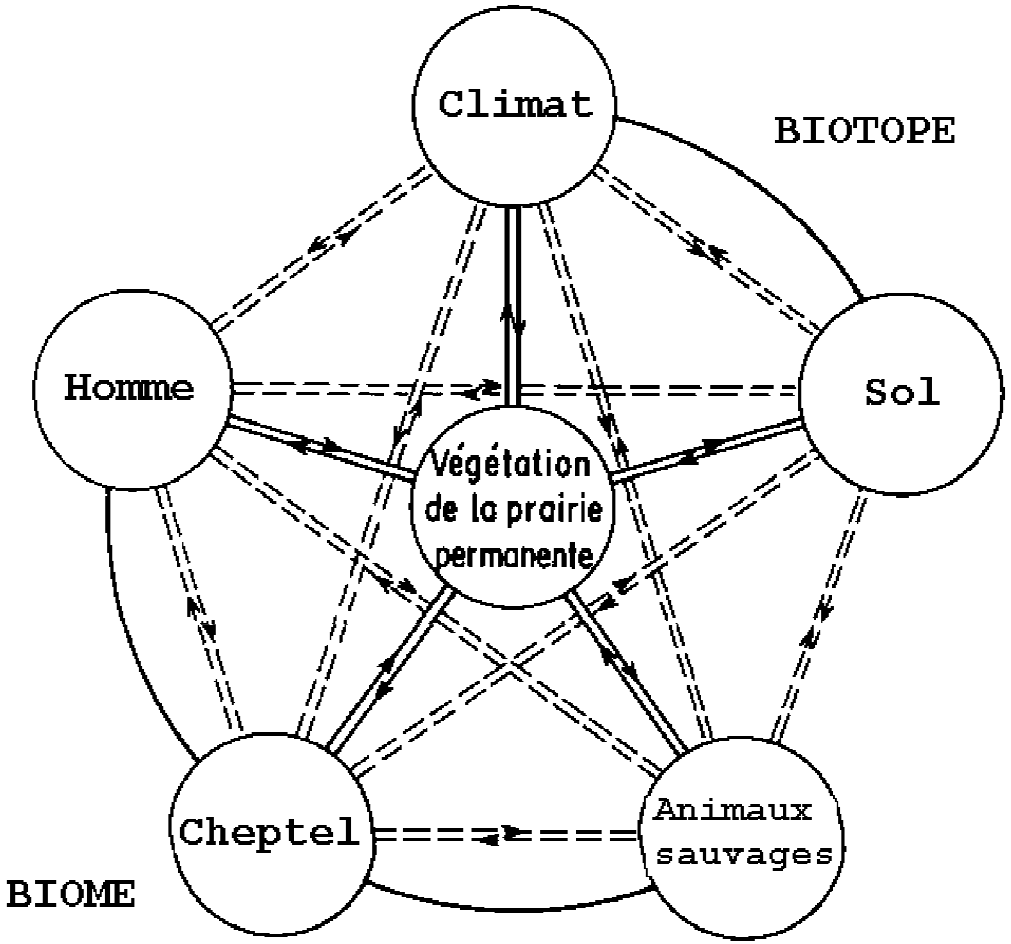


Figure VIII.1 - Le jeu simplifié des interactions sur la végétation d'un pâturage (extrait de Daget, 1978)

Il suffit d'une modification même faible de l'une de ces interactions pour que tout le réseau en soit modifié et que la végétation évolue "*once change the method of grassland management and there will be a direct and comparable change in the botanical make-up of the pasture*". Cette sensibilité a été traduite par le schéma très simple de la figure VIII.2.

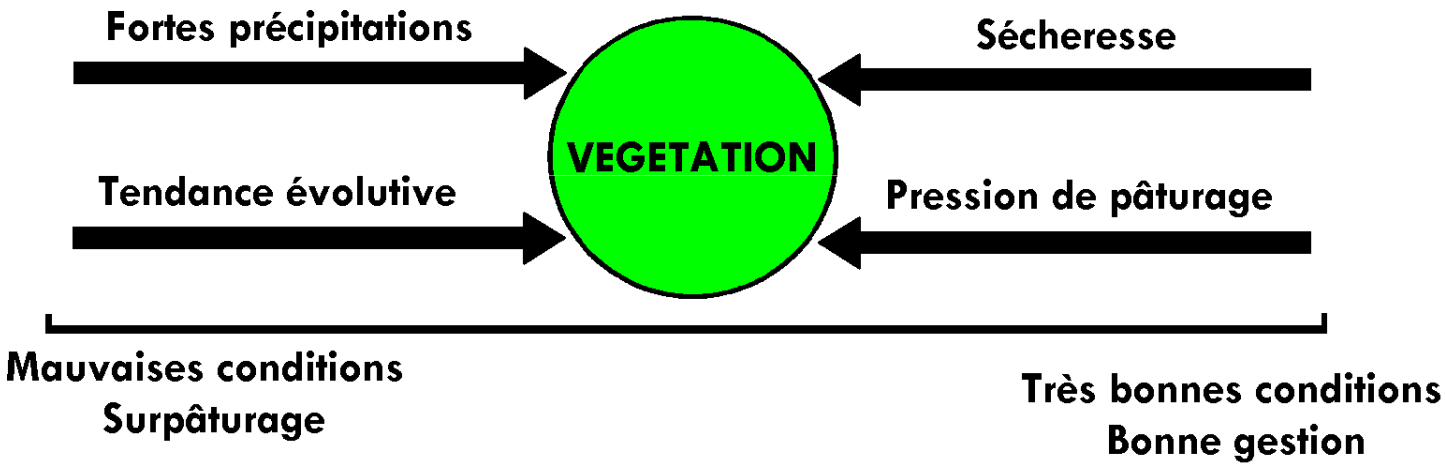


figure VIII.2 - Instabilité de la végétation d'un pâturage (redessiné d'après Westory *et al.*, 1989)

8.2 - Approches globales

82.1 - Comparaison de 2 relevés faits à des dates différentes au même emplacement

821.1 - Méthode d'approche

Deux relevés ont été faits dans les savanes du Tchad au même endroit à 8 ans de différence. Leurs compositions sont les suivantes :

Tableau VIII.1 – Deux relevés de pâturages tchadiens

espèces	1980	1988
Abildgaardia hispidula	0	1
Acacia raddiana	0	0
Acacia senegal	0	0
Aristida mutabilis	4	3
Balanites aegyptiaca	0	0
Cenchrus biflorus	0	.
Dactyloctenium aegyptium	.	0
Eragrostis tremula	.	1
Gisekia pharmacoides	.	0
Ipomoea coptica	1	0
Leptadenia pyrotechnica	0	3

Elles sont différentes ; le problème est d'évaluer ces différences et leur importance.

8211.1 - Différences entre flores

En ce qui concerne la flore, le problème est aisé, il suffit de calculer la **distance de Hamming** entre ces deux relevés ; elle s'écrit :

$$H = 1 - J$$

où J est le **coefficient de communauté de Jaccard** égal au rapport du nombre d'espèces communes au nombre total d'espèces. Ici sur 11 espèces, 7 sont communes entre les deux relevés, donc

$$J = \frac{7}{11} = 0{,}64$$

On retiendra les qualifications suivantes :

différence floristique	**très faible** pour	$H < 20$
"	**faible**	$20 < H < 40$
"	**moyenne**	$40 < H < 60$
"	**forte**	$60 < H < 80$
"	**très forte**	$80 < H$

Ici la différence floristique est faible.

8211.2 - Différences entre masses végétales

Pour comparer la masse végétale, on utilisera la distance **D** donnée par le complément à 1 du **coefficient de communauté de Kulczinski**, ce dernier s'exprimant comme la somme des contributions spécifiques minimales des espèces communes. Dans une première étape il faut donc convertir les coefficients d'abondance-dominance en recouvrements. Les valeurs précédentes permettent d'établir celles du tableau VIII.2 qui contient les contributions spécifiques [CS] figurant dans les colonnes 4 et 5.

Tableau VIII.2 – Eléments pour le calcul du coefficient de Kulczinski

Espèces	FC%		CS%	
	1980	1988	1980	1988
Abildgaardia hispidula	0,1	1	**0,4**	4,4
Acacia raddiana	0,1	0,1	**0,4**	0,4
Acacia senegal	0,1	0,1	**0,4**	0,4
Aristida mutabilis	30	10	92,6	**44,2**
Balanites aegyptiaca	.	0,1	.	0,4
Cenchrus biflorus	0,1	.	0,4	.
Dactyloctenium aegyptium	.	0,1	.	0,4
Eragrostis tremula	.	1	.	4,4
Gisekia pharmacoides	.	0,1	.	0,4
Ipomoea coptica	1	0,1	3,1	**0,4**
Leptadenia pyrotechnica	1	10	**3,1**	4,4

Les contributions spécifiques minimales, en caractère gras dans le tableau précédent, sont :

0,4 – 0,4 – 0,4 – 3,1 – 44,2 – 0,4

la somme de ces **CS** minimales est 48,9 donc 49% de la masse végétale est restée identique d'une observation à l'autre ; la distance **D** est dans ce cas 100 - 48,9 = 52,1 ou 52 .

Il faut noter que la confrontation porte sur la seule **masse végétale** et non de la manière dont elle est constituée et de sa disponibilité. Aussi une troisième analyse s'impose-t-elle ; elle porte sur la **stratification** de la végétation.

8211.3 - Différences entre stratifications

Les espèces sont réparties en quatre "strates" : **Arbres, Arbustes, Herbacées perennes** et **Thérophytes** puis les recouvrements sont cumulés dans chaque strate :

Arbres	0,3	0,3
Arbustes	0,1	10
Pérennes	0	0
Thérophytes	31,1	12,3

Soient les deux observations **O1** et **O2** d'une des strates faites à deux dates successives au même endroit : on calcule leur demi-différence **d** puis la statistique X = d qui suit une loi de χ^2 à un degré de liberté.

. Il y a donc un écart peu significatif entre **O1** et **O2** lorsque 2,71 X < 3,84, significatif lorsque 3,84 < X < 6,60 et hautement significatif lorsque 6,60 < X. Dans le cas présent les demi-différences sont 0 - 4,95 - 0 et 9,4 la seconde est significative et la dernière hautement significative. La conclusion est qu'en 8 ans il y eu un embroussaillement significatif de la station et une diminution drastique du tapis herbacé, rien à signaler quant aux arbres.

Pour l'ensemble, des quatre strates, il suffit de comparer X' = X1 + X2 + X3 + X4 aux quatre valeurs liminaires 6,25 - 7,81 et 11,34 du 2 à 3 degrés de liberté pour décider du niveau de signification des différences de stratification observées. Ici, avec X' = 0 + 4,95 + 0 + 9,4 = 14,35, la divergence entre les stratifications est hautement significative.

821.2 - Application

Quelques paires de stations ont été repérées dans une zone située entre 13 et 16° de latitude Nord et entre 14 et 18° de longitude Est

- paire de relevés 249 / 749 : *Flore* - divergence faible (H = 33) ; *Stratification* - différence peu significative au niveau global (X' = 7) malgré une augmentation significative des ligneux bas (X = 4,95)

- 269 / 753 : Flore - divergence forte (H = 70) ; Stratification - différence significatives au niveau global (X' = 9,65) due à un accroissement significatif des annuelles (X = 5,7)

- 270 / 754 : Flore - divergence très forte (H = 81) ; Stratification - Divergence globale hautement significative (X' = 12,3) consécutive à une augmentation significative des ligneux bas (X = 5) concomitante avec une diminution significative des herbacés perennes (X = 5,05)

Le tableau VIII.3 suivant récapitule les résultats obtenus sur ces trois couples ainsi que sur 10 autres du même secteur. Il permet de caractériser l'évolution d'ensemble de la végétation de cette région du Tchad, (dans la mesure où les couples étudiés en sont représentatifs) ; le procédé empirique consistant à caractériser le potentiel évolutif des différentes strates par le nombre d'étoiles qui leur correspondent permet d'en évaluer l'importance.

- **pour les arbres** : aucune étoile, pas d'évolution perceptible au cours de la période étudiée.

- **pour les broussailles** : 12 étoiles pour un maximum possible de 39 (13 x 3), soit 31%, cela traduit une nette tendance à l'embroussaillement des steppes régionales.

- **pour les herbacées perennes** : 4 étoiles soit 11% faible diminution des espèces herbacées perennes, qui de toutes manières n'avaient qu'un faible recouvrement global initial.

. Tableau VIII.3 - Evolution de la stratification dans 13 stations au N.E. de N'Djaména (Tchad)

Couples	Arbres	Broussailles	Perennes	Thérophytes	Ensemble
1	ns	**	ns	ns	*
2	ns	ns	ns	**	**
3	ns	**	**	ns	***
4	ns	ns	ns	***	***
5	ns	ns	ns	ns	ns
6	ns	ns	ns	ns	ns
7	ns	ns	ns	*	*
8	ns	ns	ns	*	*
9	ns	**	ns	***	***
10	ns	ns	ns	ns	ns
11	ns	ns	**	ns	**
12	ns	***	ns	***	***
13	ns	***	ns	ns	***

■ **pour les thérophytes** : 13 étoiles qui traduisent une importante variabilité ; le plus souvent il s'agit d'une sensible décroissance de leur recouvrement global, sauf dans un cas où on observe une croissance considérable (probablement lié à un aléa climatique)

En définitive, les steppes régionales montrent dans la période retenue une tendance nette à la dégradation par embroussaillement essentiellement par *Leptadenia pyrotechnica*.

821.3 - Le recouvrement global et le sol nu

La dégradation des formations sahéliennes est parfois caractérisée par la proportion de sol nu ; cet accroissement traduisant la "désertification" du Sahel consécutif à la péjoration du climat. L'importance du sol nu peut être évaluée par le complément à 100 de recouvrement global de la végétation ; de dernier étant donné comme la somme des recouvrements de toutes les espèces, ce qui dans ces végétations ouvertes conserve un sens.

$$SN = 1 - \sum_n R(i)$$

où **R(i)** est le recouvrement de l'espèce **i**. Cette mesure ne constitue qu'une approximation puisque les plantes herbacées peuvent végéter sous les végétaux ligneux, au moins partiellement, ce qui augmenterait d'autant la proportion de sol nu. L'accroissement réel du sol nu est donc au moins égal à la mesure **SN** qui en est proposée ici. La confrontation des valeurs stationelles de **SN** pour les diverses stations étudiées ici avant 1970 avec les

mesures correspondantes après 1975 (sauf la seconde pour laquelle SN(>1975) = 125%) par un calcul de régression montre nettement qu'il n'y a pas de liaison entre ces deux grandeurs par un coefficient très voisin de zéro.

82.2 - Changements dans la flore

Une modification dans les conditions stationnelles, et en particulier dans la gestion du parcours, entraîne l'extension d'espèces présentes jusque là sous forme de traces ou même encore totalement absentes. Ainsi, en reprenant le tableau 2.2 du second chapitre, on voir apparaître dans les parcelles hautement fertilisées des Ardennes, en Belgique, deux espèces nitrophiles *Ranunculus acer* et surtout *Urtica dioica* et disparaître toute une série de plantes caractéristiques des pâturages extensifs qui sont :

Agrostis vulgaris	*Hypnum sp.*
Alchemilla vulgaris	*Galeopsis sp.*
Anthoxantum odoratum	*Leontodon hispidus*
Arrenatherum elatius	*Leotodon automnalis*
Bromus mollis	*Pimpinella saxifraga*
Carum carvi	*Ranunculus bulbosus*
Cerastium coespitosum	*Rhitidiadelphus squarrosus*
Chrysanthemun leucanthemum	*Rumex acetosa*
Cirsium arvense	*Trifolium pratense*
Cirsium palustre	*Veronica chamaedris*
Cynosurus cristatus	*Veronica serpylifolia*
Festuca rubra	*Vicia cracca*

Un essai de fertilisation sur un herbage permanent des Flandres, en Belgique, a permi au bout de 25 ans de faire les constatations suivantes :

- Un **manque constant d'azote** entraîne une augmentation de *Trifolium repens, Poa trivialis* et *Bellis perennis ;*

- Un **manque de potassium** entraîne - une disparition progressive de *Lolium perenne, Dactylis glomerata, Trifolium repens* et *Poa trivialis* – une augmentation progressive de *Festuca rubra, Agrostis tenuis, Poa pratensis* et *Cerastium arvense ;*

- Un **manque de phosphore** - une disparition progressive de *Poa trivialis* et *Trifolium repens* - une augmentation progressive de *Festuca rubra, Agrostis tenuis, Tarasacum officinale, Leontodon automnalis, Bellis perennis* et *Cerastium arvense ;*

- Un **manque général** (témoin) - une disparition progressive de *Dactylis glomerata* - une augmentation progressive de *Agrostis tenuis, Trifolium repens, Holcus lanatus, Anthoxanthum odoratum, Brunella vulgaris, Bellis perennis, Luzula campestris, Leontodon automnalis, Cerastium arvense* et *Hypochaeris radicata ;*

- Un **pH bas** - une disparition progressive de *Poa trivialis* – une augmentation progressive de *Dactylis glomerata, Poa pratensis* et *Agrostis tenuis.*

Toutes ces modifications ne sont que des **aménagements de la flore initiale** ; elle présente des disparitions mais pas d'apparition. Ces observations sont confirmées par l'analyse du plus ancien essai sur prairie permanente du monde, situé en Grande-Bretagne. Il a été mis en place en 1856 sur un pâturage existant depuis "au moins 100 ans" et en 1976 les changements observés correspondaient uniquement à des éliminations d'espèces et non à des introductions ; la seule observée n'a pas tenu plus d'un an.

L'étude de nombreuses parcelles soumises à un drainage en Lorraine met en évidence la disparition des espèces hydrophyles (*Molinia coerulea, Succisa pratensis, Carex echinata, Juncus bulbosus*...) ainsi que des espèces liées aux milieux extensifs (*Anthoxantum odoratum*, *Luzula campestris*) et développement des espèces très productives (*Dactylis glomerata, Lolium perenne*...). Le drainage modifie les compositions floristiques en 5 ans et la structure en 2 ans (changement des espèces dominantes).

8.3 - Modifications de la structure

83.1 - Distribution des fréquences

Chaque espèce du gazon d'un pâturage est caractérisée par une fréquence spécifique. Une modification de la gestion du parcours produit des changements dans l'importance relative des espèces, indépendamment même de la nature de ces espèces.

831.1 - Hiérarchie des espèces

Un essai sur pâturage situé dans le Solling, en Allemagne a été organisé pour permettre la comparaison de l'évolution de la végétation sous l'action d'apports d'azote, de phosphore, d'un traitement en régime de fauche mais sans apports fertilisants à un témoin. Les observations ont été faites sur 8 parcelles de l'essai après 5 ans. Le tableau 7.4 donne la matrice des coefficients de corrélation de rang de Kendall entre ces 8 parcelles prises 2 à 2. L'analyse multivariable en **composantes principales** fournit un moyen d'avoir sur le plan la représentation la plus "économique" possible des positions mutuelles des parcelles. On constate un très bon regroupement des parcelles par type de traitement le témoin traité en fauche (parcelle F1) se retrouvant au voisinage des autres témoins mais à l'écart.

Tableau VIII.4 - Matrice des coefficients de corrélation de rang de KENDALL entre les parcelles de l'essai du Solling

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.0.	0.694	0.427	0.142	0.586	0.377	0.304	0.484
2	0.694	1	0.483	0.132	0.362	0,390	0.196	0.530
3	0.427	0.433	1	0.426	0.482	0.527	0.298	0.417
4	0.142	0.132	0.426	1	0.207	0,540	0.518	0.132
5	0.566	0.562	0.482	0.207	1	0.467	0.365	0.498
6	0.377	0,390	0.527	0,540	0.467	1	0.497	0.338
7	0.304	0.196	0.298	0.518	0.365	0.497	1	0.185
8	0.484	0,530	0.417	0.132	0.498	0.338	0.185	1

831.2 - Aspects spécifiques

8312.1 - Principes de la méthode employée

Deux hiérarchies étant comparées, même si elles ne diffèrent pas significativement l'une de l'autre, on constate que certains éléments n'ont pas le même rang dans l'une et dans l'autre (s'il n'en était pas ainsi, le coefficient **T** serait de + 1). On peut examiner le degré de signification d'un tel décalage au moyen d'un test-t. Si **d(i)** est la différence des rangs de l'élément **i** dans les deux hiérarchies, on a :

$$T(i) = \frac{d(i) - \mu d}{\sigma d}$$

où $\mu d = 0$ et.où σ**d** est apprécié par $\sqrt{}$VAR(d) . La variable **t(i)** est ensuite testée par rapport à $t(\alpha , \nu)$ avec $\nu = N - 1$ où **N** est le nombre d'éléments des hiérarchies comparées :

$$N = N(1) + N(2) - N(1\&2)$$

Exemple

Prenons l'exemple des classements des espèces dans les parcelles **A** et **B1** selon l'ordre des FC(i) décroissantes. Le tableau VIII.5 montre les diverses valeurs prises par **D(i),** à partir desquelles ont peut calculer :

$$MOY(d) = \frac{\sum d(i)}{N} = -0.096$$

$$VAR(d) = \frac{\sum d(i)^2}{N} - MOY^2(d) = 14.62$$

$$\sqrt{VAR(d)} = 3.82$$

$$t(MOY) = \frac{0.096 - 0}{3.82} = 0.025$$

Un écart **d** sera significatif au niveau α si

$$t(\alpha, 25) < d$$

c'est-à-dire si

$$d < 3.82\ t(\alpha, 25)$$

Pour différentes valeurs de **x**, on obtient :

X	0.20	0.05	0.01	0.001
t	0.856	1.708	2.787	3.450
d	3.27	6.52	10.65	13.18

En conséquence, un écart inférieur à +3 ne sera pas significatif ; de +3.5 à +6.5 (rappelons que dans le cas présent, les rangs augmentent par demi-unité, ce n'est pas général) il sera peu significatif ; de +7 à +10.5 il sera significatif (test bidirectionnel (two-tailed test) parce que MOY-U peut être positif ou négatif), de 11 à 13 hautement significatif (test unidirectionnel (one-tailed test) parce que d-o ne peut être que positif.) et à partir de 13.5 extrêmement significatif (***).

Un retour aux données montre que les seules espèces suivantes présentent un décalage significatif de *Chrysanthemum leucanthemum*, qui de A à B1

Hieracium pilosella (+4)
Leontodon automnalis (-5)
Lotus corniculatus (+5)
Plantago lanceolata (+5)
Rumex acetosa (+4.5)
Trifolium repens (-5.5)
Veronica chamaedris (+5)

8312.2 - Signification des décalages observés

On a vu comment on pouvait calculer le degré de signification d'un décalage entre deux hiérarchies. Appliquée aux traitements 1, 2 et 3 pris deux à deux, successivement dans les blocs B et E, cette méthode donne les seuils suivants. Cependant pour simplifier les lectures et l'interprétation, nous préférons employer des seuils calculés sur l'ensemble des confrontations ce qui donne les valeurs de la dernière ligne.

Tableau VIII.5 – Comparaison des hiérarchies dans l'essai du Solling

seuils	20%	5%	1%	0,1%
B1vsB2	6lea	11	16	25
B2vsB3	6.5	13	18.5	26
B1vsB3	8	15.5	17	23.5
E1vsE2	6	11.5	17	23.5
E2vsE3	4.5	9	13	18
E1vsE3	6.5	13	19	26
ensemble	6	12	17	23

Le tableau VIII.6 présente les modifications significatives au seuil 20% dans les blocs B entraînées par les apports d'unités fertilisantes.

Tableau VIII.6 - Modifications hiérarchiques dans le bloc B de l'essai du Solling (Allemagne) sous l'influence des apports d'engrais

Parcelles	Montées	Descentes
B1 vs B2	*Cardamine pratensis*	*Hypochoeris radicata*
	Holcus mollis	*Lotus corniculatus*
	Poa pratensis	*Luzula vulgaris*
	Trifolium pratense	*Poa trivialis*
	Trifolium repens *	*Mnium affine* *
	Trisetum flavescens	*Rhitidiadelphus squarrosus*
	Veronica chamaedris	
B2 vs B3		
	Rhitidiadelphus squarrosus *	*Holcus mollis*
	Leontodon automnalis	*Lotus corniculatus*
	Poa trivialis ***	*Plantago lanceolata*
	Rumex acetosa **	*Trifolium pratense* *
	Chrysanthemum leucanthemum	
B1 vs B3		
	Cardamine pratensis	*Anthoxantum odoratum*
	Leontodon automnalis	*Hypochoeris radicata*
	Poa pratensis	*Lotus corniculatus* **
	Poa trivialis *	*Luzula vulgaris*
	Rumex acetosa	*Plantago lanceolata*
		Trifoliumrepens
		Trifolium pratense
		Mnium affine
		Rhitidiadelphus squarrosus **

*** seuil 0,1% ; ** 1% ; * seuil 5%

8312.3 - Commentaires

■ Graminées

La position hiérarchique de certaines des graminées que comporte cet essai n'est pas influencée par les traitements effectués : *Festuca rubra, Agrostis vulgaris* et *Anthoxantum odoratum* restent dans les toutes premières dans tous les cas ; *Festuca pratensis* reste dans les dernières dans tous les cas. En ce qui concerne les autres espèces, il apparaît que *Dactylis glomerata*, est stimulé par l'apport d'azote et régresse sous l'influence de P et K, tandis que *Holcus lanatus* et *Trisetum flavescens* sont favorisés par P et K et défavorisés par l'azote ; enfin, *Holcus lanatus* et *Poa trivialis* sont d'autant plus stimulés que l'apport d'éléments fertilisants est plus élevé ; cet effet est particulièrement spectaculaire pour la seconde espèce. *Holcus mollis* et *Trisetum flavescens* sont favorisés par P et K et défavorisés par N ; *Poa pratensis* est favorisé par P et K et, à un moindre titre, par N.

■ Légumineuses

Cette flore comporte trois légumineuses qui présentent des réactions différentes sur l'ensemble de l'essai : *Lotus corniculatus*, régresse dans la hiérarchie lorsqu'il y a apport d'engrais tandis que *Trifolium repens* monte sous l'influence d'un apport phospho-potassique. potassique, mais n'est ici que peu sensible à l'apport d'azote ; enfin, *Trifolium pratense* monte sous l'action d'un apport phospho-potassique, mais régresse sous l'influence de l'azote, ces deux effets se superposant.

Plantes diverses

La situation de certaines d'entre elles n'est pas modifié par les apports d'éléments fertilisants ; ce sont *Ajuga reptans, Campanula rotundifolia* et *Taraxacum officinale*. Dans le cas de cette dernière, on remarquera que si la position hiérarchique n'est pas modifiée de façon significative, même au seuil 20%, son recouvrement, quant à lui, augmente de façon nette. *Cardamine pratensis* est bien stimulée par les apports fertilisants, *Ranunculus acer*, est stimulée par P et K, défavorisé par N, *Chrysanthemum leucanthemum* légèrement favorisé par P et K, un peu moins par N. *Plantago lanceolata* et *Veronica officinalis*, les mousses (*Mnium affine, Rhitidiadelphus squarrosus*), *Rumex acetosa* et *Leontodon automnalis* sont favorisés par l'apport d'azote et ne réagissent pas de manière significative à P et K. *Hypochoeris radicata*, est seul défavorisé par tous apports.

Il faut souligner à cette occasion que ces résultats n'ont qu'une valeur stationnelle. Ailleurs ils pourraient fort bien être différents ; ils dépendent non seulement des conditions du milieu édaphique et climatique, mais aussi des réactions de toutes les autres espèces du contexte floristique. C'est ainsi que dans d'autres essais nous avons observé des effets régressifs de l'azote sur le trèfle blanc tout à fait spectaculaires.

831.3 - Evolution des recouvrements

Dans une parcelle de Meurthe et Moselle (France), un essai a été mis en place par de petites parcelles de 2.5 x 6 m. en 2 blocs de 24 parcelles contiguës. Les traitements, organisés selon un plan factoriel avec 2 répétitions, furent les suivants :

- retrait uniforme du bétail,
- apport azoté de 0 et 80 unités,
- dates de coupes échelonnées de une semaine,
- apport de phosphore de 0 ou 100 unités.

la première coupe étant faite lorsque l'herbe atteignait 15 cm et la recoupe lorsqu'elle atteignait 20 cm. Les mesures sur la végétation ont été faites à la première coupe de printemps et au cours de la première semaine de juillet, toujours avec les mêmes observateurs pendant les 4 années qu'ont duré l'essai et avec la technique du double mètre.

Les recouvrements des espèces ont été comparés à l'issue de l'essai par une analyse de variance à 5 facteurs, espèce par espèce. Les résultats permettent de suivre de manière très précise l'évolution de chacune d'elles au cours du temps. Ainsi *Festuca rubra* est, avec un recouvrement de 43.12%, la graminée qui tient la plus grande place dans cet

essai, place qui augmente régulièrement d'année en année de façon hautement significative (figure VIII.3). Le gain total est de 20.23 ± (3.08) points. D'autre part, il est très nettement plus élevé de 10.08 ± (2.18) points en été qu'au printemps. L'examen de l'interaction entre ces deux effets montre que c'est le recouvrement estival qui augmente de la façon la plus nette.

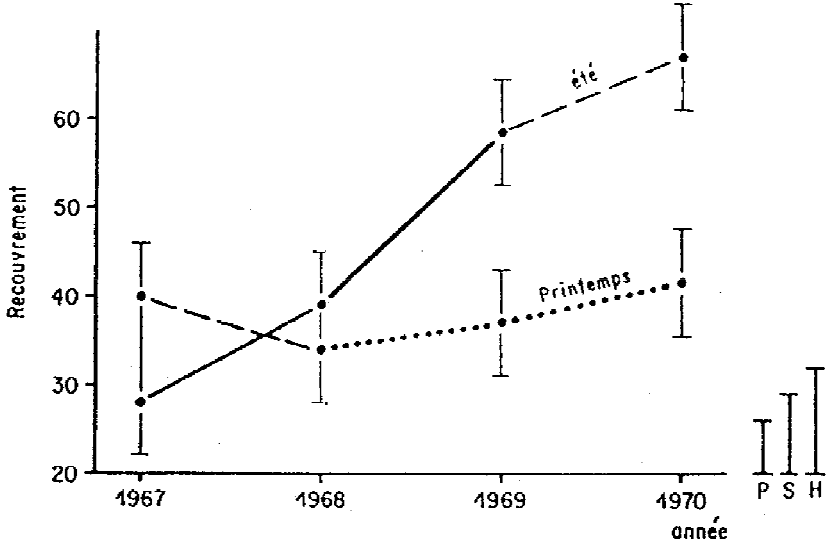


figure VIII.3 - Variations saisonnière et annuelle du recouvrement de *Festuca rubra* dans un essai en Meurthe et Moselle (France) (extrait de Daget-Bertoletti *et al.*, 1969)

L'apport d'azote entraîne un gain significatif de 5.12 points ; on voit sur la figure VIII.4, qui représente l'interaction année/azote, que l'accroissement du à l'apport d'azote augmente d'année en année.

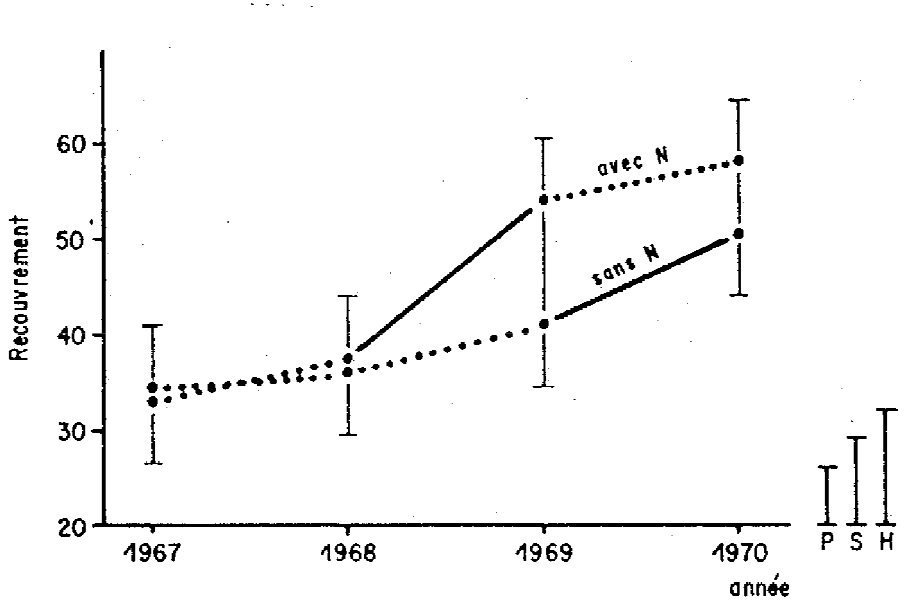


Figure VIII.4 - Variation annuelle du recouvrement de *Festuca rubra* dans le même essai selon l'apport azoté (extrait de Daget-Bertoletti *et al.*, 1969)

Un autre essai, localisé en Mayenne, comparait 3 apports azotés (0, 160 et 240 Unités) et trois modes d'exploitation sur 5 ans avec deux observations par an. Les recouvrements comparés par analyse de variance ont mis en évidence des comportements très variés :

- croissance presque régulière : *Festuca rubra*
- diminution presque régulière : *Agrostis vulgaris*
- passage par un maximum ou un minimum : alternances saisonnières : *Plantago lanceolata*

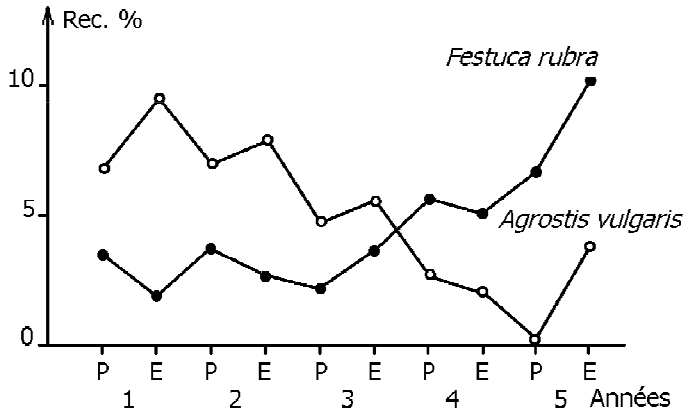


figure VIII.5 - Evolution du recouvrement de quelques espèces sans apport azoté (extrait de Daget & Tranchefort, 1974)

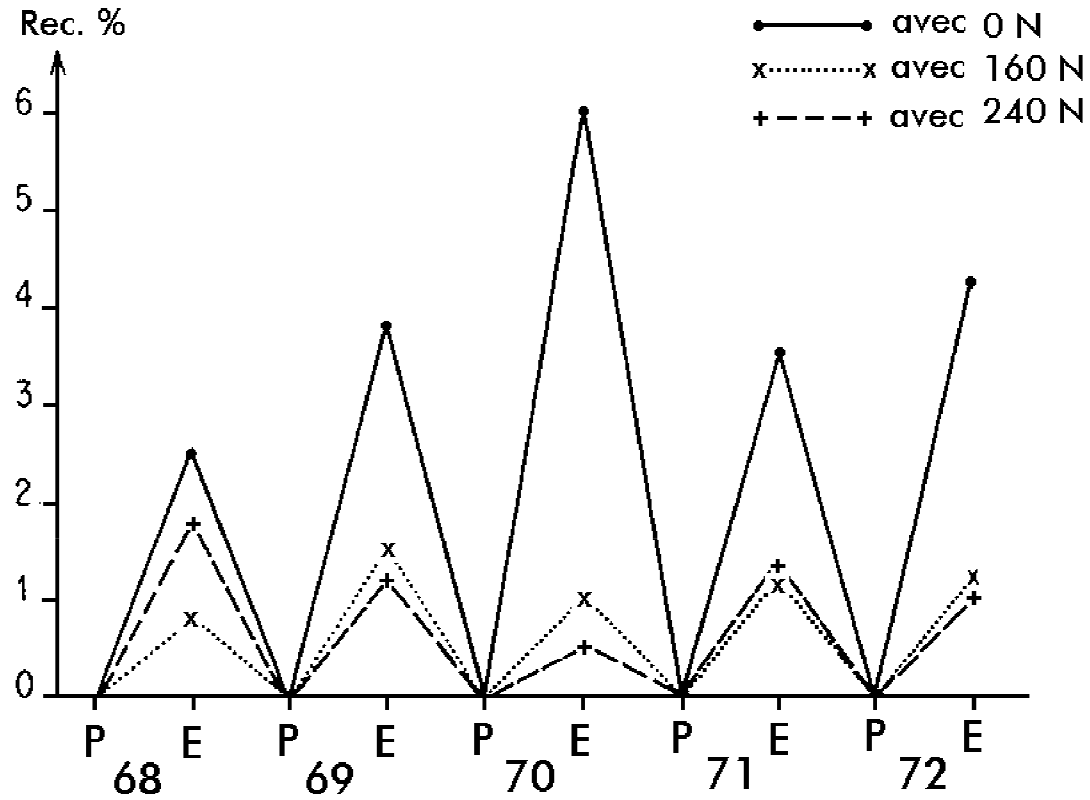


figure VIII.6 - Evolution du recouvrement de *Plantago lanceolata*
(extrait de Daget & Tranchefort, 1974)

83.2 – Exemples pratiques

832.1 - Principes et données

Le tableau VIII.7 donne les fréquences spécifiques des espèces d'un pâturage de Meurthe-et-Moselle appréciées à partir de 6 séries de 33 points-quadrats dans chaque traitement au bout de trois ans d'essais.

On sait que pour chaque fréquence, il faut considérer un intervalle de confiance dont la valeur est données dans des tables ou peut être lue sur des abaques (§ 4.3 et 4.4) ; il dépend du nombre de points analysés. Ici, les observations portent sur 200 points de sorte que pour une fréquence absolue de 44 par exemple, les limites de l'intervalle de confiance sont 38 et 51. Elles ne sont pas négligeables et il faut en tenir compte. Pour ce faire, il suffit de procéder de la manière suivante (tableau VIII.8) :

1 - Calculer les fréquences centésimale des espèces et les ranger par ordre croissant ;

2 - Indiquer les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance en regard de chacune d'elles ;

3 - Multiplier ces limites par N/100 (N étant le nombre d'unité d'échantillonnage)

Tableau VIII.7 - Liste des fréquences spécifiques observées dans 4 traitements et trois années dans un pâturage de Meurthe-et-Moselle

Apport d'azote	240	240	240	160	80	0
Année d'observation	1	2	3	3	3	3
Festuca arundinacea	156	60	83	66	51	66
Poa trivialis	46	101	120	116	140	134
Festuca rubra	73	77	67	60	64	66
Trifolium repens	155	26	9	35	105	120
Agrostis alba	1	1	4	6	12	7
Arrhenatherum elatius	1	7	0	0	0	0
Avena pubescens	2	6	6	11	0	5
Bromus erectus	16	0	0	4	10	4
Cerastium coespitosum	0	0	0	0	0	1
Dactylis glomerata	53	44	59	42	27	29
Festuca pratensis	8	34	10	10	6	11
Galium mollugo	0	0	0	1	8	4
Lathyrus tuberosus	0	1	0	0	0	0
Lolium perenne	13	12	8	34	4	25
Lotus corniculatus	20	3	1	0	5	2
mousses	9	20	0	2	0	5
Poa pratensis	75	52	21	9	6	12
Ranunculus bulbosus	0	3	0	0	1	0
Taraxacum officinale	7	0	0	3	0	2
Trifolium pratense	18	1	2	0	29	18
Trisetum flavescens	32	23	14	28	16	19
Veronica chamaedris	0	3	0	0	0	0
Veronica serpyllifolia	0	0	0	0	2	0
Bellis perennis	0	0	0	3	1	5
Carex muricata	0	1	0	0	1	0
Convolvulus arvensis	0	0	0	7	0	1
Falcaria riviniana	0	0	0	0	2	0
Galium verum	0	0	1	0	0	0
Ranunculus acer	1	0	1	1	5	1
Rumex acetosa	0	2	2	0	0	0
Achillea ptarmica	0	0	0	0	0	1

4 - Déterminer les bornes des classes de façon que l'intervalle de variation soit divisé en 8 classes dont l'amplitude varie en progression géométrique ;

5 - Rapporter ces limites inférieures et supérieures dans les différentes classes ;

6 - et prendre la valeur moyenne de chaque classe.

Tableau VIII.8 - Application du mode de calcul des effectifs au pâturage précédent (col.3)

fréquences		limites		bornes	
absolues	centésimales	inf.	sup.	inf.	sup.
120	60	52	67	104	134
83	41,1	34	48	68	96
67	33,5	27	41	54	82
59	29,5	23	37	46	74
21	10,5	6	17	12	34
14	7	4	12	8	24
10	5	3	9	6	18
9	4,5	2	8	4	16
8	4	2	7	4	14
6	3	1	6	2	12
4	2	0	5	1	10
2	1	0	3	0	6
2	1	0	3	0	6
1	0,5	0	2	0	4
1	0,5	0	2	0	4
1	0,5	0	2	0	4

Tableau VIII.9 - Calcul des effectifs par octave dans le pâturage précédent

Octave	Classes	Effectifs appréciés à partir des		Valeurs médianes
		bornes inf.	bornes sup.	
1	1	1	0	0,5
2	2-3	1	0	0,5
3	4-5	2	3	2,5
4	6-9	2	2	2
5	10-18	1	6	3,5
6	19-36	0	2	1
7	37-74	3	1	2
8	75-150	1	3	2

832.2 - Interprétation

Le premier examen des résultats obtenus porte sur la forme de la distribution des médianes. Sous l'action d'un apport de 240 unités d'azote tous les ans au cours des trois années de mesures, la distribution qui est unimodale dans une population en équilibre,

montre (figure VIII.7) un second mode. Une telle courbe bi-modale peut être subdivisée en deux courbes élémentaires de type log-normal. Elle correspond à un mélange de populations.

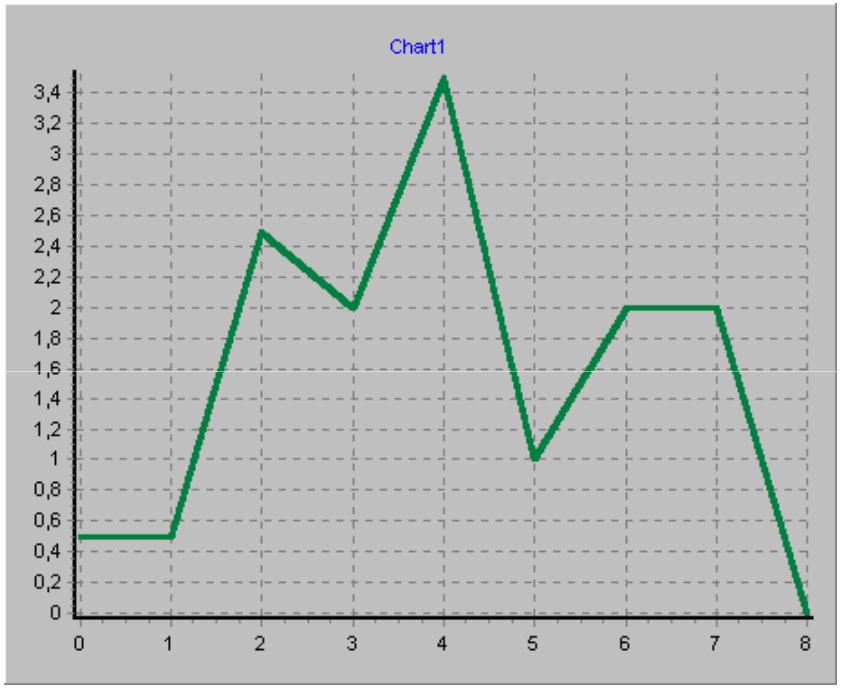


figure VIII.7 - La courbe bimodale du pâturage belge analysé

832.3 - Un autre exemple

Ce type d'analyse permet de suivre les degrés d'évolution atteints au même moment mais sous l'action de traitements différentiés. L'exemple choisi porte sur un pâturage de Lorraine (France) subissant les traitements suivants :

1. passage d'une barre de coupe cinq fois par an pendant trois ans ;

2. apport d'une fumure de fond de 200 unités d‘acide phosphorique au début de l'expérience ;

3. apports de 0, 80, 160, 240 unités d'azote par hectare et par an pendant les trois ans sur des placeaux différentiés.

La figure VIII.9 montre les différentes courbes obtenues selon la technique précédente. La rupture d'équilibre due à la cessation de la paissance et à son remplacement par le passage d'une barre de coupe accompagné d'une fumure de fond, est bien apparente, mais elle reste réduite ; par contre, plus les quantités d'azote apportées sont élevées, et plus la structure interne de la population est perturbée, ce qui se traduit par une courbe 2 de plus en plus importante. Cette variation peut être traduite par le rapport du nombre d'espèces correspondant à cette courbe au nombre total d'espèces ; les valeurs suivantes sont enregistrées :

Apport d'azote	Valeur du rapport en %
0	13
80	21
160	48
240	65

La valeur de ce rapport peut être prise comme une mesure entre l'écart observé et la situation vers laquelle tend l'évolution (figure VIII.8)

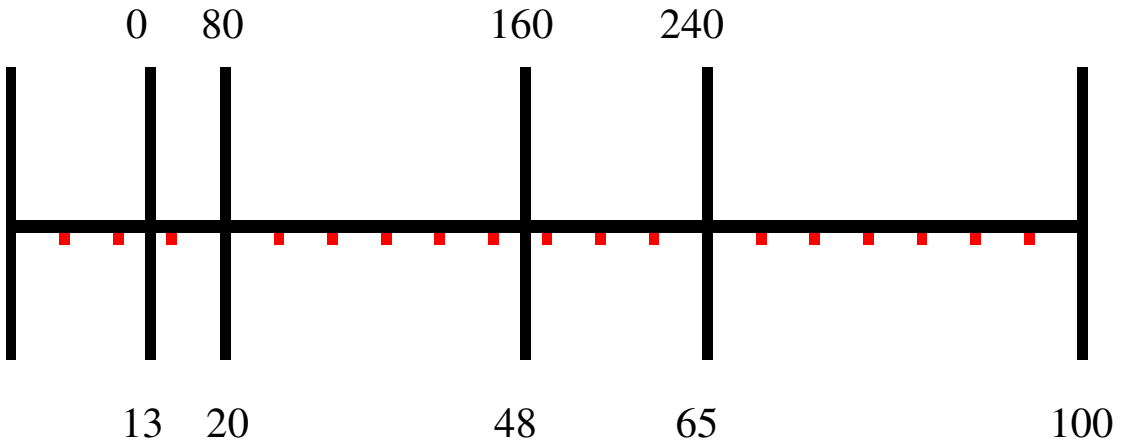
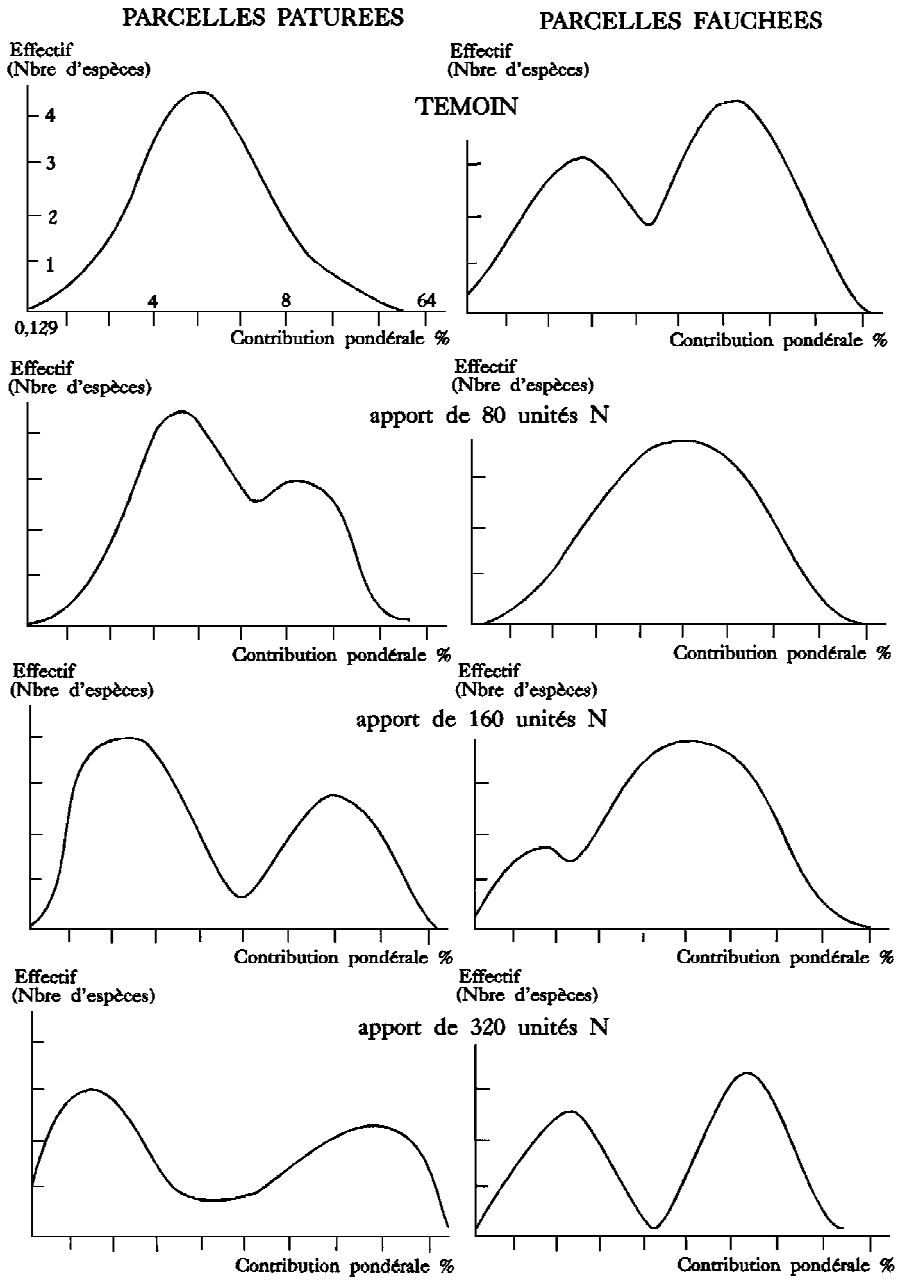


Figure VIII.8 – Mesure de l'évolution du gazon avec l'apport d'azote

La situation traitée ci-dessus porte sur des mesures de fréquences effectuées à l'aide de points-quadrats. Il va de soi que ce n'est pas la seule façon possible d'estimer l'importance d'une espèce dans la végétation ; on peut, en particulier, couper, trier, sécher, peser puis travailler sur les poids. C'est ce qui a été fait dans une prairie permanente du Merlereau (Orne). La figure VIII.9 correspondante est très parlante. La comparaison des résultats provenant de parcelles pâturées et de parcelles fauchées montre que le remplacement de l'action du bétail par une barre de coupe crée à lui seul un déséquilibre qui n'est compensé que par l'apport de 80 unités d'azote. Cela souligne ce qu'a d'illusoire le **« traitement de pâture simulée »** de certains essais.

figure VIII.9 - Comparaison des distributions de fréquence pour diverses doses d'azote dans un pâturage du Merlereau (Orne, France)



8.4 - Evolution des relations interspécifiques

84.1 - Principe d'une approche globale

Des études comme celles qui viennent d'être évoquées ne testent les espèces qu'une par une sans tenir compte des **relations** entre elles ; l'analyse de l'évolution du gazon nécessite d'aller plus loin. Une application de l'analyse factorielle des correspondances, dite aussi **analyse de correspondance** peut le permettre. Les sujets seront les divers stades des divers traitements mis en comparaison, les attributs seront les espèces présentes caractérisées par leur recouvrement dans le sujet considéré.

- On examine alors successivement le nuage des espèces dont la structure reflète en général l'existence d'associations phytosociologiques ; c'est le **cénogramme**.

- Puis le nuage des sujets, qui, pour chaque type de prairie, représente un ensemble des points répartis dans le temps ; c'est le **chronogramme**.

- Il est possible de relier par une ligne les images correspondant au même traitement à des dates différentes ; le mot **cheminement** désigne la ligne brisée obtenue qui traduit le devenir à travers le temps de la végétation analysée.

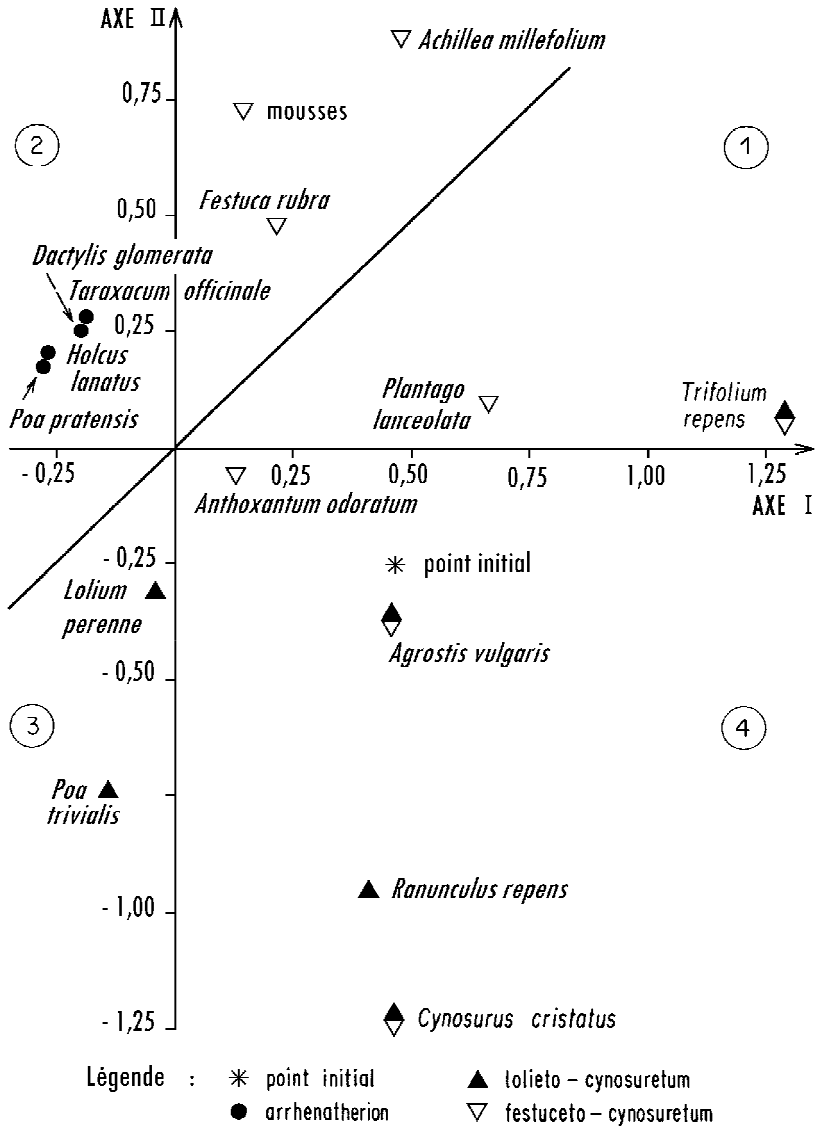
- La forme du chronogramme est comparée au cénogramme et aux résultats de l'étude des recouvrements.

84.2 - Application à un pâturage de la zone atlantique

Cette approche a été appliquée à un pâturage des Alpes mancelles dans la Mayenne. L'essai, du type de ceux qui ont été décrits au 4.6.2.1 est destiné à permettre la comparaison des effets d'apports d'azote (0, 160 et 240 N) et de trois modes de fauche (coupes précoces, coupes tardives et pâturage simulé par des coupes fréquentes) par un dispositif factoriel. Les observations sont faites deux fois par an pendant cinq années consécutives. Le premier ensemble est donc constitué par la combinaison de 10 rangs dans le temps (5 années à 2 saisons), 3 doses d'azote et 3 régimes d'exploitation plus 1 sujet témoin de l'année de mise en place. Il y a donc 91 sujets. Le second ensemble comporte les espèces dont la contribution spécifique avait été au moins une fois égale à un au cours des 91 observations, soit 18 sur une flore totale de l'essai de 54 espèces. La caractérisation est constituée par la moyenne des observations correspondantes dans les répétitions que comportait l'essai complet. La figure VIII.10 est le **cénogramme** obtenu.

Il matérialise les relations mutuelles qui existent entre les espèces dans la matrice des données et peut donc faire l'objet de nombreuses interprétations sociologiques ou écologiques. Ainsi, d'un point de vue phytosociologique, on trouve, dans le second quadrant, un groupe d'espèces de l'*Arrhenatherion*, distinguées par un point sur la figure VIII.10 ; toutes les autres espèces ressortissent au *Cynosurion cristati*, cependant, on y reconnaît, avec des valeurs positives sur l'axe I, l'association *Festuceto-cynosuretum* (triangle blanc) et avec des

Figure VIII.10 – Cénogramme de l'essai de la Mayenne (extrait de Daget & Tranchefort, 1974)



Valeurs négatives sur l'axe II des espèces du *Lolieto-cynosuretum* (triangle noir) ; dans le quatrième quadrant, les espèces sont communes aux deux associations. Du point de vue écologique, les espèces s'ordonnent dans la direction traduite par l'axe I, le plus important, dans l'ordre de leur sensibilité à l'azote. On trouve en effet un groupe d'espèces, pour la plus part des graminées, dont le **caractère nitrophile** est bien connu, à gauche du cénogramme :

Dactylis glomerata	*Holcus lanatus*
Lolium perenne	*Poa pratensis*
Poa trivialis	*Taraxacum officinale*

Toutes ces espèces sont caractéristiques des prairies grasses eutrophes. Dans sa partie droite, ce sont des espèces oligotrophes caractéristiques des prairies maigres :

Agrostis vulgaris	*Anthoxanthum odoratum*
Achillea millefolia	*Festuca rubra*
mousses	*Plantago lanceolata*

A l'extrême droite se trouvent la seule légumineuse de cet essai ; or, on sait que sont des espèces défavorisées par l'azote :

Trifolium repens

Dans le premier groupe l'indice de sensibilité à l'azote (voir 462.1) a une valeur moyenne de + 14.7 ; dans le second, elle est de - 12.6. Pour le troisième, il n'a été calculé que pour Trifolium repens et sa valeur est de - 39.

On remarque, par ailleurs, qu'au dessous de la première bissectrice sont localisées 6 des 7 espèces reconnues comme fortement favorisées par les coupes très fréquentes :

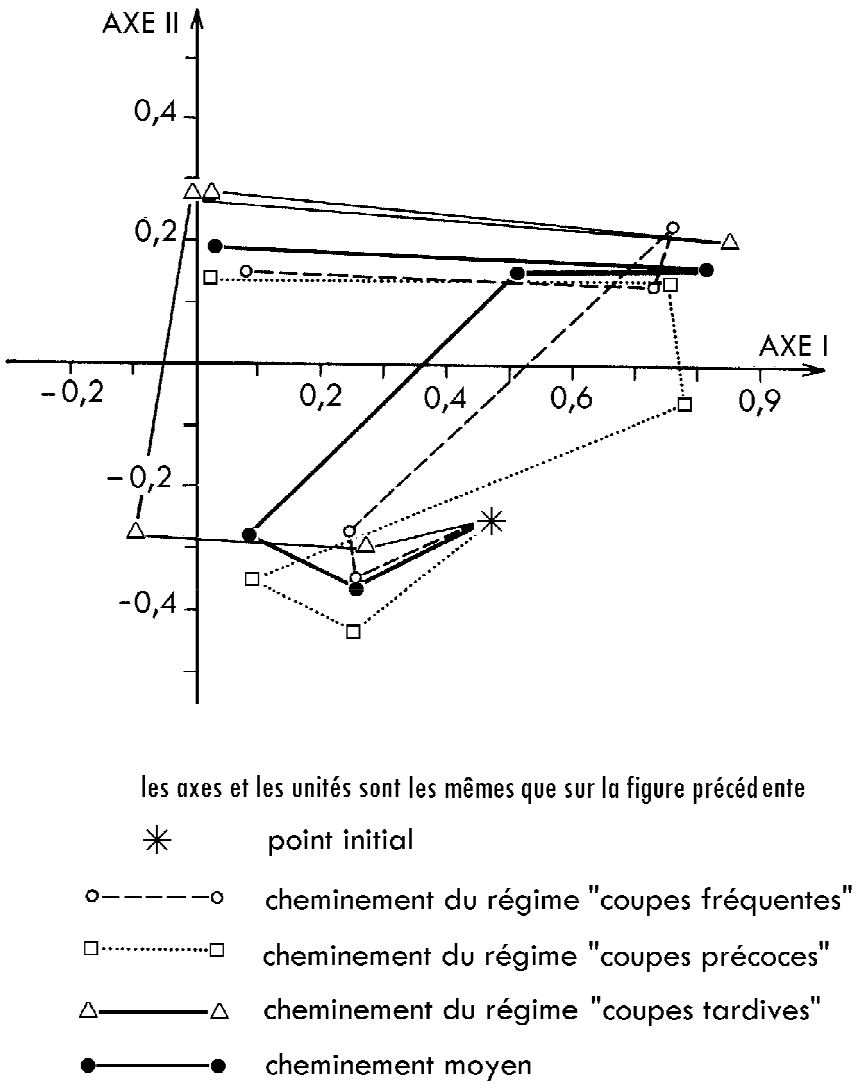
Agrostis vulgaris	*Anthoxanthom odoratum*
Cynosurus cristatus	*Lolium perenne*
Plantago lanceolata	*Trifolium repens*

tandis qu'au dessus, on retrouve 6 des 7 espèces favorisées par les coupes rares, qu'elle soient précoces (type ensilage) ou tardives (type foin) :

Achillea millefolium	*Holcus lanatus*
Dactylis glomerata	mousses
Poa pratensis	*Taraxacum officinale*

Sur la figure VIII.11 la combinaison "année x type de coupe" pour les végétations printanières des parcelles qui ne reçoivent pas d'azote donne trois cheminements qui montrent :

Figure VIII.11 – Chronogramme partiel des traitements sans apport azoté dans l'essai de la Mayenne (*op.cit.*)



- d'abord un déplacement, les deux premières années vers l'ouest du graphe,
- puis, après la troisième année, vers le nord-est.
- enfin, après la quatrième, de nouveau vers l'ouest.
- pour aboutir à des emplacements très proches les uns des autres.

L'ensemble des cheminements correspondant à la dose **0 N** peut être résumé par un cheminement moyen obtenu en joignant les centres de gravité des observations de la même date et de la même dose d'azote.

Pour comprendre les raisons phytologiques des cheminements observés sur les chronogrammes, tels que celui de la figure VIII.11, il faut connaître le détail des recouvrements spécifiques pendant toute la durée de l'essai et leurs significations. C'est ce que fournissent les études comme celles qui ont été évoquées au cours du précédent. La figure VIII.6 avait montré que le recouvrement printannier de *Trifolium repens* diminue les deux premières années puis augmente de façon très nette les deux suivantes et chute lors du dernier printemps. Par ailleurs le cheminement s'éloigne du trèfle pendant 2 ans (il est situé à la droite de la figure VIII.10) puis s'en rapproche nettement les deux suivantes pour s'en éloigner de nouveau la dernière. Ces deux variations sont très proches l'une de l'autre (figure VIII.12).

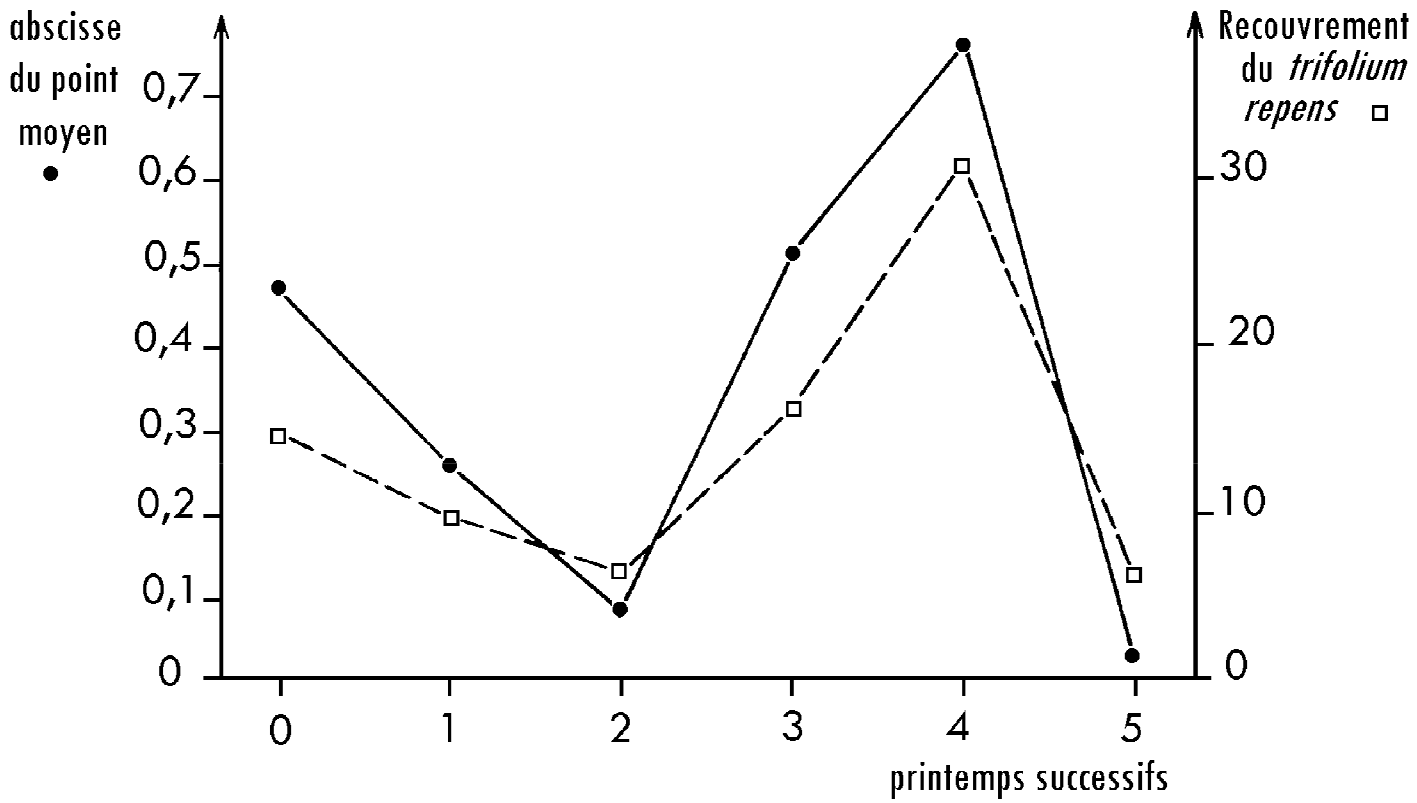


Figure VIII.12 – Comparaison de la variation de la position du point moyen sur la figure VIII.11 avec le recouvrement de *Trifolium repens (op.cit)*

On constate que d'année en année, l'ordonnée sur l'axe II de l'image suivie augmente :

1ère année : - 0.36

2ème année : - 2.08

3ème année : + 0.15

4ème année : + 0.16

5ème année : + 0.19

or, simultanément les espèces dont l'image est située dans la partie inférieure du cénogramme voient leur recouvrement diminuer (figure VIII.6) tandis que celles de la partie supérieure, comme *Festuca rubra*, voient le leur augmenter. Les recouvrements de *Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata* et *Poa trivialis* augmentent progressivement, avec un léger relachement au moment où *Trifolium repens* a présenté sa poussée maximale ; le poids relatif de ces trois espèces se fait donc sentir surtout avant et après cette période. C'est ce qui justifie l'orientation du cheminement vers l'ouest en début et en fin d'expérience.

La prise en considération de l'évolution du recouvrement de chaque espèce, individuellement et en comparaison avec les autres, permet ainsi de comprendre chaque modification dans le tracé du **cheminement sur le chronogramme**.

Le chronogramme de la figure VIII.13 correspond aux trois types de coupe dans les végétations reçevant 240 N. Il apparaît en premier lieu que les cheminements sont très proches les uns des autres et qu'à chaque étape, les trois images sont très proches les unes des autres. Ensuite, que les tracés ne présentent pas d'"hésitation". Il est possible de résumer l'évolution de la végétation en deux étapes :

- élimination de *Trifolium repens*,
- enrichissement en *Dactylis glomerata, Holcus lanatus* et *Poa pratensis*.

Enfin, il est remarquable de noter que, pour les 4 derniers points, les cheminements semblent se replier dans la zone *Dactylis glomerata, Holcus lanatus* ; on peut estimer que c'est là un indice que la végétation a atteint un état d'équilibre autour duquel elle oscille selon les aléas annuels (principalement climatiques). Les divers régimes de coupe ne modifient pas la nature de l'état d'équilibre mais seulement la vitesse avec laquelle il est atteint ; le régime des coupes fréquentes a un effet de ralentissement alors que celui des coupes tardives a un effet accélérateur. Enfin, que cet état d'équilibre soit situé dans l'Arrhenatherion souligne qu'il s'agit d'une végétation de pré de fauche et non plus de pâture.

Dans un autre type de sélection, c'est la suite naturelle des saisons qui a été retenue au sein du régime des coupes fréquentes (8.14).

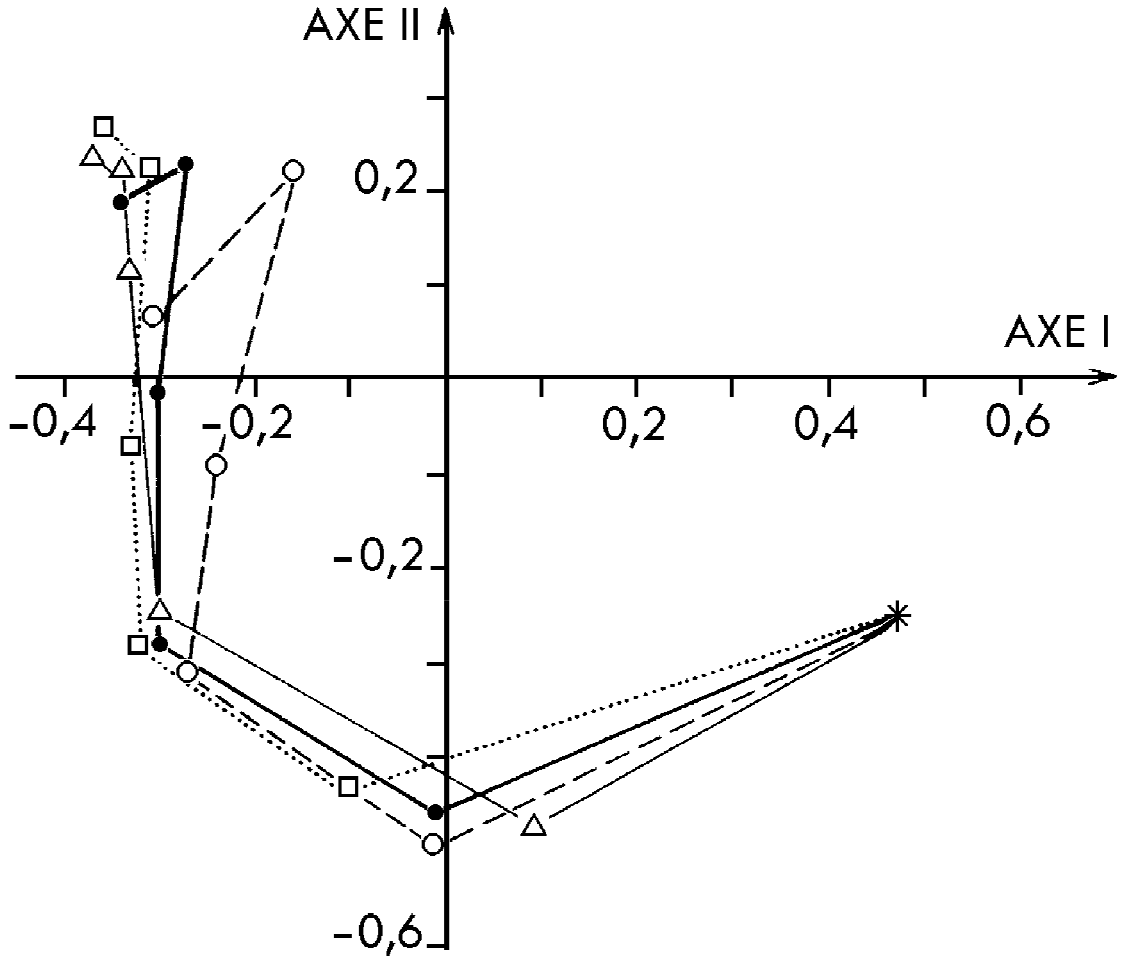


Figure VIII.13 – Chronogramme partiel des végétations recevant 240 N (*op.cit.*)

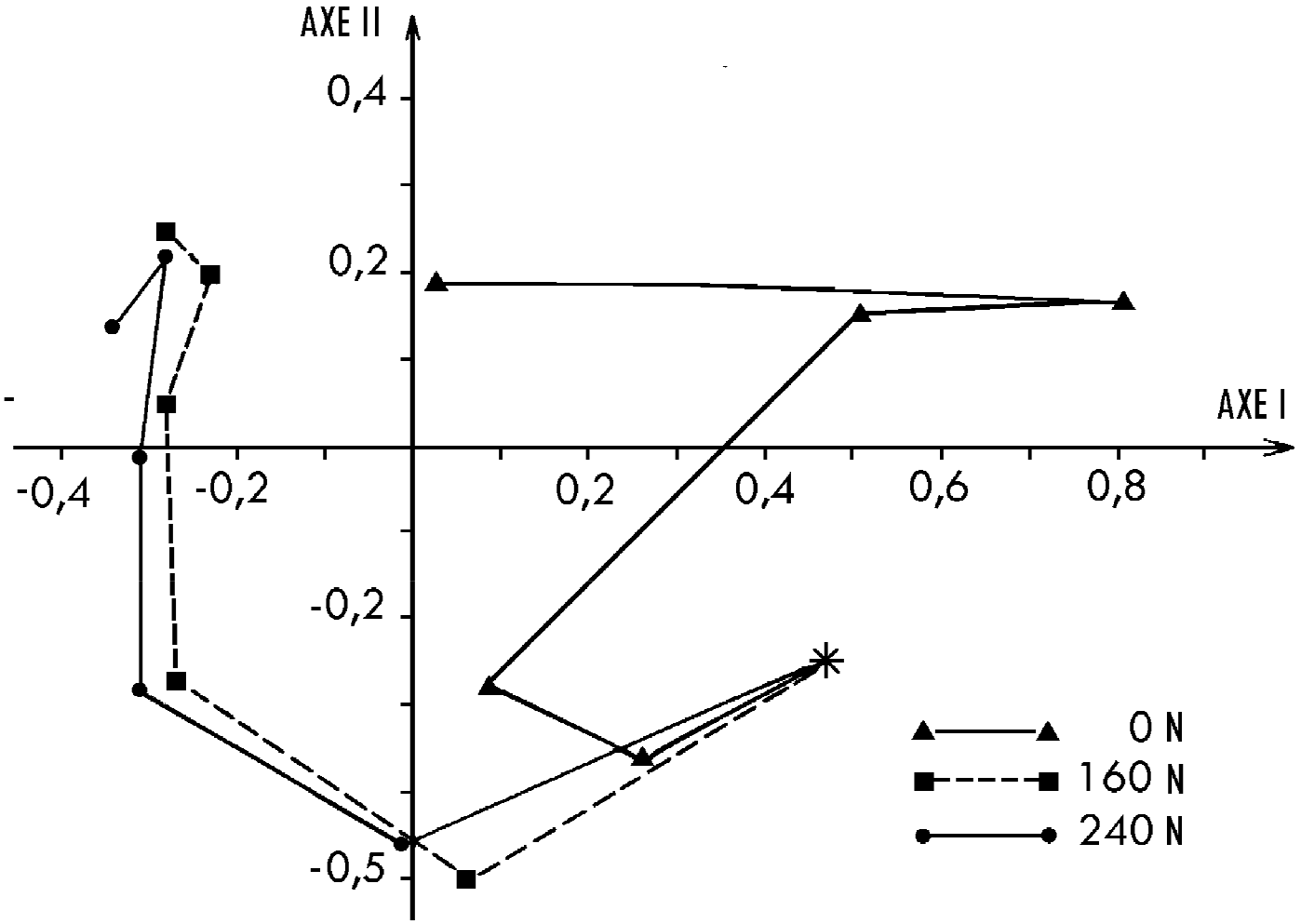


Figure VIII.14 – Chronogramme partiel des végétations printanières soumises au pâturage simulé (*op.cit.*)

Les cheminements correspondants aux trois niveaux azotés présentent un balencement E./W. très net, surtout les deux premières années d'observation pour 0 et 160 N, et les deux dernières pour 160 et 240 N. Le point printanier le plus à l'ouest correspond au recouvrement le plus faible de *Trifolium repens* et le plus à l'est à son recouvrement le plus fort. *Plantago lanceolata*, dont l'image est aussi située à l'est, présente des phases saisonnières extrèmement marquées (figure VIII.6) ; *Agrostis vulgaris, Dactylis glomerata, Holcus lanatus* présentent aussi des phases saisonnières nettes, mais avec un maximum estival cette fois. Ces modifications traduisent les phénophases présentées par la végétation. Ce phénomène est perceptible même lorsqu'il y a un fort apport d'azote, avec, toutefois, une amplitude plus faible :

Apport azoté	Amplitude moyenne
0	0,232
2 x 80 N	0,158
3 x 80 N	0,057

Cette diminution est proportionnelle au carré de la dose unitaire (80 N) ce que traduit la figure VIII.15. Par extrapolation, on peut penser qu'elle s'annulerait pour environ 300 unité d'azote (12.5 x 80).

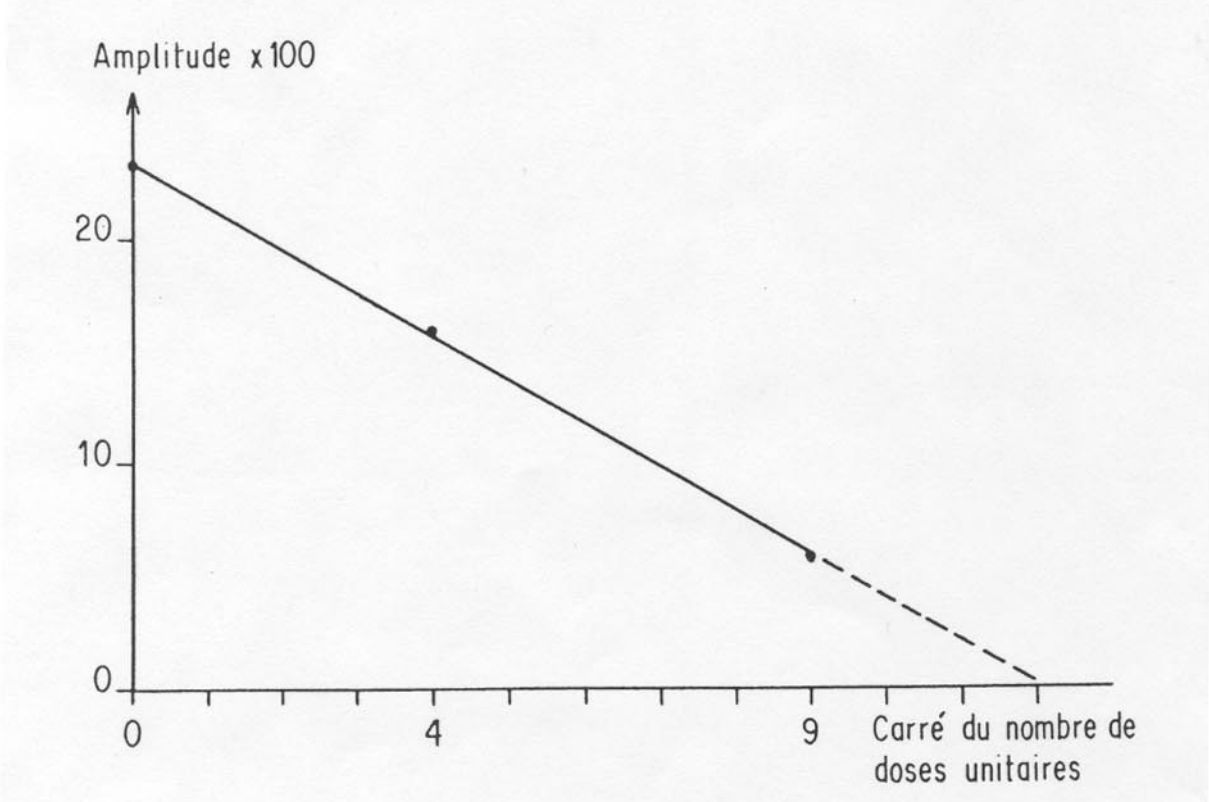


Figure VIII.15 – Variation de l'amplitude de l'oscillation saisonnière en fonction de l'apport azoté (*op.cit.)*

Les deux cheminements correspondant aux doses élevées d'azote restent très voisins l'un de l'autre, c'est-à-dire que, dans ces conditions, il y a peu de différence entre les effets des deux doses d'azote. Par contre, sans azote, on note un enrichissement en *Trifolium repens* d'abord très important (il passe de 9.8 à 30.8 %) qui s'annule à la fin (9.2 % à la fin de l'expérience) ; *Plantago lanceolata* présente un variation du même type.

84.3 - Végétations en équilibre

Notons que les cheminements se replient sur eux-même les deux dernières années ; cela donne à penser qu'un **état d'équilibre** est atteint. Si équilibre il y a, les positions respectives des cheminements permettent d'estimer que la végétation est dominée par *Dactylis glomerata* et *Holcus lanatus* avec une dominance de la première espèce dans le traitement à 160 N et de la seconde avec 240 N ; dans les deux cas il y a une quantité appréciable de *Taraxacum officinale*.

Il faut cependant rester très prudent avant d'affirmer qu'un état d'équilibre est atteint lorsqu'on procède à ce type d'analyse. Il arrive que les images qui représentent les états sucessifs de la végétation se resserrent, donnant ainsi l'impression qu'un état d'équilibre est atteint, mais qu'après un certain temps, le cheminement reprenne, montrant ainsi ce que cette impression pouvait avoir de prématuré, voir de faux. La zone d'équilibre correspond à plusieurs images de la parcelle sur le cénogramme. On peut caractériser cette zone par son barycentre qui représente le point autour duquel se font les oscillations. L'étendue de la zone d'équilibre, c'est-à-dire la portion du plan correspondant à l'équilibre, peut être délimitée par le

calcul de l'ellipse des variances des points concernés (figure VIII.16). Cette ellipse correspond, sur le plan, à la variance pour une distribution à une variable ; son calcul se trouve dans tous les traités de statistique. La succession de pseudo-équilibres est bien rendue par l'analyse d'un essai pastoral pluriannuel du midi de la France fait par Hamidou (figure VIII.17).

84.4 - Autre application à un herbage méditerranéen du Chili

Cet exemple sera moins détaillé que le précédent ; il est donné surtout pour montrer la généralité de la méthode. Il s'agit de la pelouse à *Acacia caven* déjà utilisée. Ici, l'auteur dispose de plusieurs observations à chaque date et les symbolise par leur ellipse des variances (figure VIII.18).

Les arbres ont été coupé dans une partie de la pelouse et l'évolution de la végétation suivie au cours des deux années suivantes ; parallèlement des mesures ont été faites dans une partie du pâturage où le couvert est resté de 80% Il serait intéressant de disposer d'exemple d'essais de longue durée en zone aride, mais nous n'en avons pas de disponibles dont l'étude soit aussi complète.

84.5 – Application à une steppe sahélienne

La méthode a été appliquée avec fruit à l'analyse d'une steppe sahélienne du Frelo au Sénégal par une équipe locale. L'examen du cénogramme met en évidence des groupes spécifiques et la comparaison avec le chronogramme permet d'en comprendre la signification

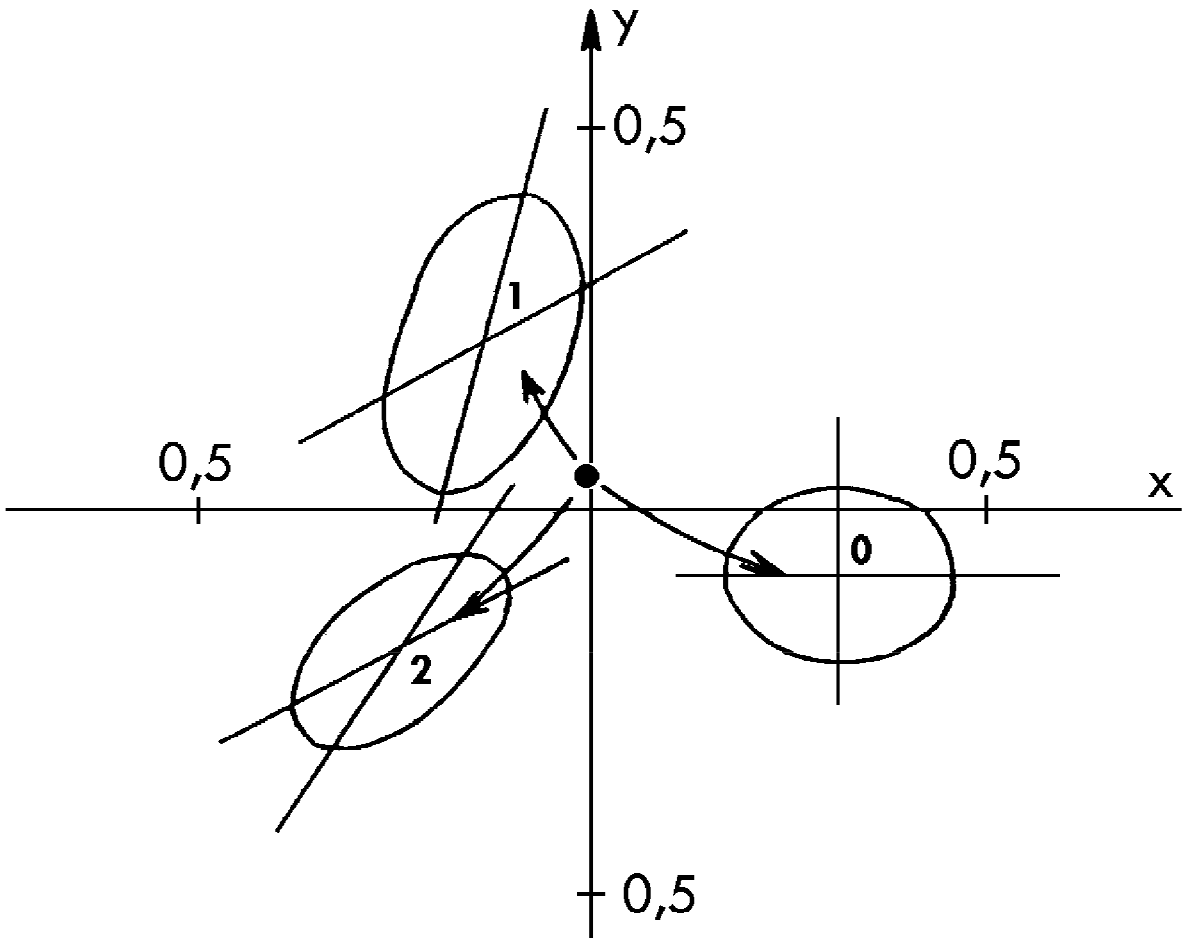


Figure VIII.16 – Ellipses des variances caractérisant trois états d'équilibre dans un essai pluriannuel sur un pâturage des Causses, Massif-Central de la France

(extrait de HUBERT, 1974)

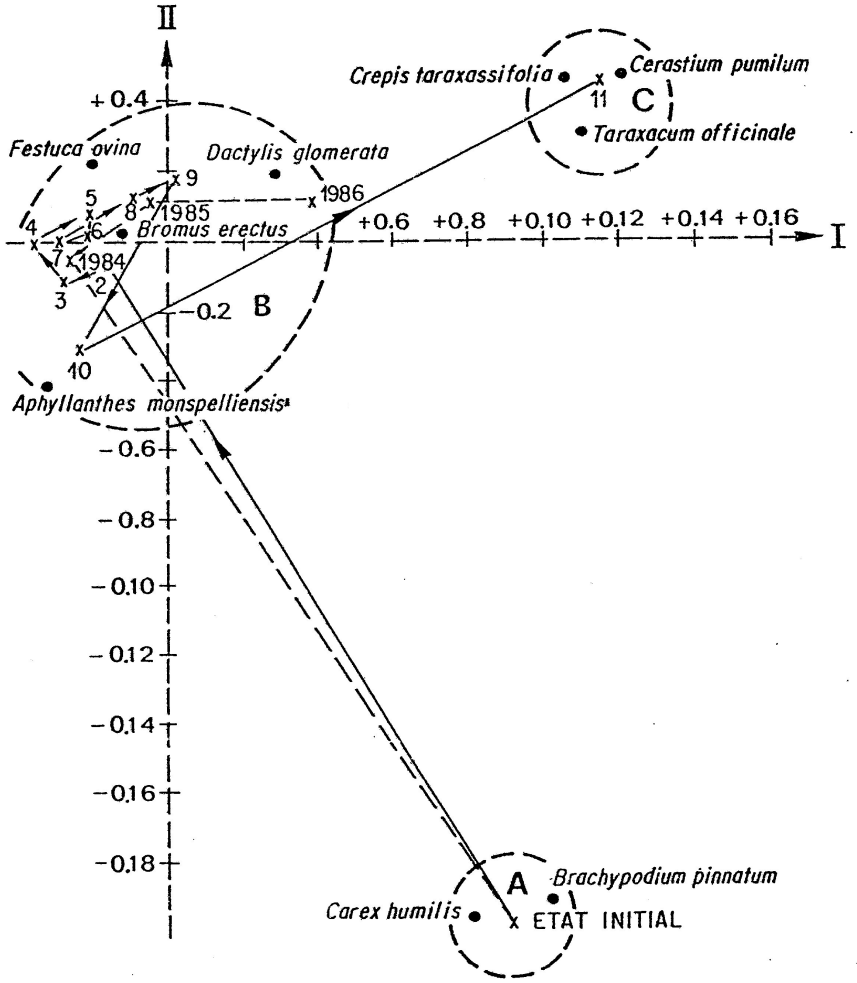


Figure VIII.17 – Zones d'équilibre dans un essai pastoral pluri-annuel (extrait de Hamidou, 1984)

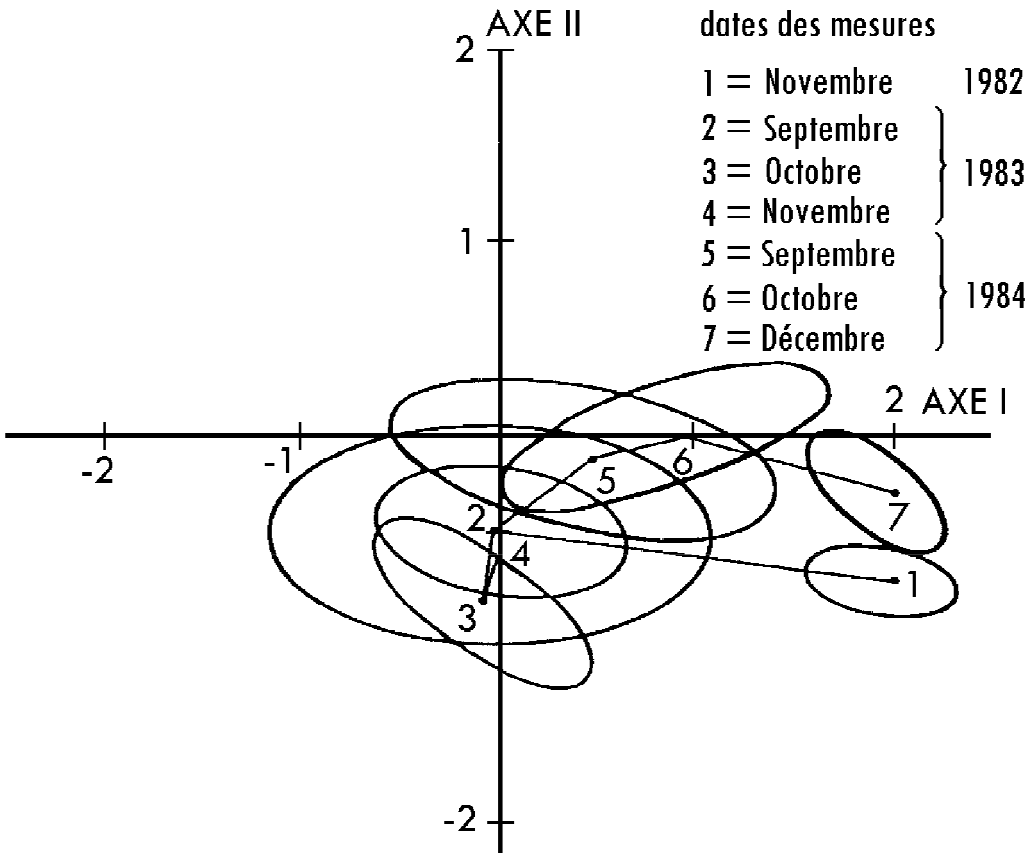


Figure VIII.18 – Le témoins dans la formation à *Acacia caven* du Chili (extrait de Ovalle, 1986)

et les déterminismes.

- Un **premier groupe** comporte les espèces suivantes : *Aristida mutabilis, Chloris prieuri, Colocynthis vulgaris, Tephrosia bracteolata, Limeum pterocarpum, Indigofera asperata, Fimbristylis hispidula, Alysicarpus ovalifolius.* A ce cortège correspondent dans le chronogramme les images des années les moins arrosées avec moins de 200 $mm.an^{-1}$.

- Dans le **second groupe** qui rassemble les espèces : *Porlulaca oleracea, Kohautia grandiflora, Indigofera senegalensis, Corchorus tridens, Cassia obtusifolia, Brachiaria ramosa, Boerhavia repens*, sont localisées les images des années les plus arrosées avec plus de 300 $mm.an^{-1}$.

- Un **troisième groupe** constitué par *Brachiaria xantholeuca, Cenchrus biflorus, Monsonia senegalensis, Portulaca foliosa, Tragus racemosus, Tribulus terrestris, Zornia glochidiata* contient les images des années moyennement arrosées en un temps très court (entre 200 et 300 $mm.an^{-1}$ en 15 jours) ce qui lui donne une position plus proche du premier groupe que du second.

Ces chercheurs ont par ailleurs mis en évidence une certaine **rémanence** de la flore. Les conditions climatiques de l'année **n** influant sur la structure floristique de l'année **n+1** d'autant plus accentué que l'année **n** était contrastée (sèche ou pluvieuse).

8.5 - Suivi de la biomasse des pâturages

Le site est une **placette fixe** (ou plusieurs placettes sur une toposéquence), dont les coordonnées géographiques précises ont été obtenues par un G.P.S. (Global positioning system) et dont le repérage pour les visites successives est facilité par des marques de peinture sur les arbres ou les rochers. Ainsi, toutes les observations se situeront sur la même station au cours du temps. Ceci est très important, surtout pour évaluer l'évolution des ligneux. Notons que le site doit être suffisamment éloigné des lieux habités, permanents ou temporaires, pour éviter toute influence anthropique, mais néanmoins, suffisamment proche pour être facilement accessible de l'observateur, compte tenu des moyens de déplacement dont il peut disposer.

85.1 - Biomasse herbacée

Pratiquement, une placette carrée de 50 m de côté sera matérialisée, soit en plantant un piquet cornière métallique à la masse dans chacun des 4 angles, s'ils ne risquent pas d'être retirés par les gens du voisinage, soit en scellant un pavé carré de ciment dans ces angles. Ces marques devront être placées de manière à ne pas constituer un obstacle à la circulation des bêtes et des gens. Les **coordonnées GPS** de la placette seront celles de son centre.

851.1 - Végétations basses

Dans les les herbages tempérés et dans les steppes et les savanes basses, pour la 1ère mesure, sur le côté **AB**, à partir de A, on mesure une distance **AP'** de 1,5 mètre et on plante le 1er piquet de fer **P'** ; de même, le 2ème piquet **P''** sera planté sur **DC** à 1,5 m **de D**. Une ficelle sera tendue entre **P'** et **P''.** A 15 m de **P'**, et sous la ficelle, on plante solidement le 3ème piquet **P3** et l'extrémité du double décamètre lui est fixée. Le double décamètre est ensuite complètement déroulé sous la ficelle et dans le même sens. Le 4ème piquet **P4** est alors planté dans le sol et l'extrémité du double décamètre lui est attachée de façon à ce que le ruban soit tendu. On fait alors les mesures de points-quadrat comme il a été dit plus haut. Les espèces visibles au voisinage de la ligne, mais non présentes dans les points sont ajoutées à la liste avec la note zéro. Le double décamètre peut alors être retiré.

A 1 m environ de **P'**, on place le premier **placeau carré** de telle manière que son côté le plus proche de l'observateur soit aligné sous la ficelle. La végétation qu'il contient est coupée avec soin au ras du sol et verticalement à l'aplomb des côtés. Le produit de la coupe est placé dans un petit sac de plastique et pesé, puis transféré dans le grand sac. Le quadrat est alors placé de la même manière un peu plus loin de façon à laisser une bande d'environ 50 cm non coupée et ainsi de suite jusqu'à 30. Dans les cas où aucune végétation n'existe dans le placeau, il faudra noter une masse verte nulle avant de passer au quadrat suivant.

Désignons par A, B, C, et D les angles de la placette, et prenons le côté AD, TOUJOURS LE MEME, comme base (figure VIII.19).

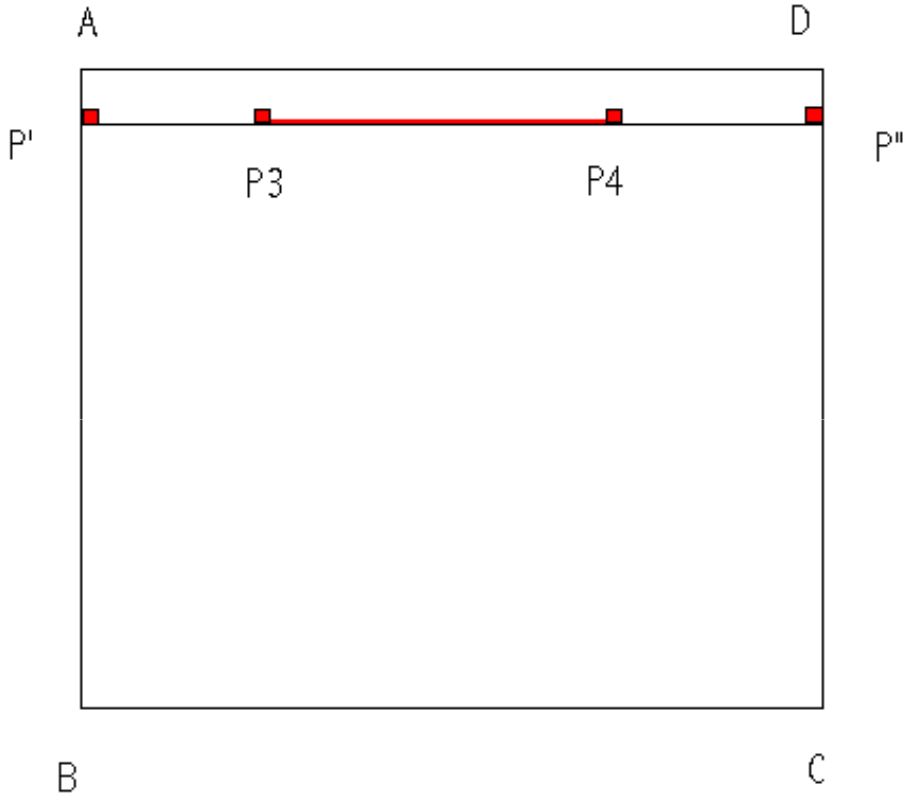


Figure VIII.19 – Placette carrée pour le suivi du devenir de la biomasse herbacée

Lorsque 30 placeaux ont été coupés et pesés, le grand sac est pesé à son tour :

- s'il fait plus de 1 kilo, son contenu est mélangé et une partie est retirée jusqu'à obtention d'un kg.
- s'il fait moins de 1 kilo, on coupera de la végétation supplément ire qui sera ajoutée pour obtenir 1 kg.

Le contenu du grand sac, ce kilo de végétation, est alors transféré dans le sac de toile qui est soigneusement fermé. Pour la mesure suivante, 10 jours après ou l'année suivante au même stade phénologique, on placera **P'** à 3 m de **A** et **P''** à 3 m de **D**. De fois en fois, ces deux piquets sont ainsi plantés en avançant de 1,5 m. La placette permet donc de faire 33 séries de mesures sans revenir au même emplacement de coupe, soit 11 mois d'observations. Si un nombre de mesure inférieur à 33 est fait, l'année suivante sera faite à la suite. Quand on arrive au côté **BC**, on reprend à **AD**.

851.2 - Végétations hautes

Lorsque la végétation est trop haute pour tendre des fils et manipuler les aiguilles, le protocole est modifié de la manière suivante : lorsque les piquets **P'** et **P''** sont placés, on ne tend pas de fil, mais la végétation contenue dans le quadrilatère **AP'P''D** est entièrement coupée. L'observateur a donc devant lui un "mur" de végétation le long de **P'P''.**

Le premier quadrat en U, est disposé comme précédemment, c'est-à-dire enfoncé dans la végétation à 1 m du bord de la placette jusqu'à ce que sa base arrive au ras du "mur" de végétation. L'observateur coupe la végétation qu'il contient et la pèse dans le grand sac. Ainsi de suite 30 fois.

851.3 - Caractérisation de la production herbacée

Pour chaque analyse, on s'intéressera au pourcentage de matière sèche donné par

$$\frac{Echantillon\ après\ séchage}{Echantillon\ avant\ séchage} \times 100$$

Ainsi qu'aux statistiques habituelles calculées sur les valeurs observées ; en particulier, les 30 valeurs sont classées de 1 à 30 par ordre croissant de la biomasse mesurée et, en appelant **Mi** celle qui a le rang **i** dans ce classement, les valeurs retenues sont :

le minimum : M1
le maximum : M30
la moyenne : somme des 30 valeurs divisée par 30
l'écart-type
la médiane : 0,5 x (M15 + M16)

Dans les études de biomasse, cette dernière valeur est souvent plus utile que la moyenne lorsqu'un placeau est "anormalement" vide ou plein ; les statisticiens disent qu'elle est moins sensible que la moyenne aux valeurs extrêmes. Dans le cas de mesures décadaires, à la fin de chaque mois, les 3 médianes décadaires des masses sèches seront comparées (par le test statistique de Kruskal-Wallis) et un bilan sera calculé par la différence entre la 1^{ere} et la 3ème valeur. A la fin de la campagne, toutes les données de l'année sont reprises pour calculer la biomasse sèche produite au cours de toute la campagne et ce qui donne le rendement par :

$$\text{Masse moyenne.m}^{-2} \times 10^4$$

85.2 - Strate ligneuse

852.1 - Les ligneux hauts dans les pâturages

La population des arbres et des arbustes dans les parcours présente un processus évolutif propre et compliqué. Il s'y combine un processus naturel de naissance-décès classique analysé par les forestiers dans les végétations qui les concernent et des processus de gestion par le pasteur (ou ses voisins) souvent complexes parce qu'imprégnés d'incidences personnelles et culturelles.

Ainsi, dans les pays tempérés, certains apprécient la présence d'arbres isolés dans les parcelles pour faire de l'ombre au bétail pendant les heures chaudes de la journée, ce qui, augmentant son confort, augmenterait aussi ses performances. A l'inverse, d'autres refusent les arbres pour éviter la formation d'aires de repos piétinées et non productrices. Les attitudes sont les mêmes vis-à-vis des haies. Mais la suppression de ces ligneux entraîne la disparition des hirondelles qui ne trouvent plus leur provende d'insectes ; celle des haies entraîne la disparition de nombreux petits mammifères, notamment des belettes qui limitent la prolifération des campagnols ravageurs de prairies (figure VIII.20).

Dans les pays tropicaux, les pâturages essentiellement graminéens fournissent une alimentation déséquilibrée au bétail que les transhumances vers les cures salées doivent compenser, mais les politiques de sédentarisation, les troubles politiques gênent fortement la nomadisation. Les troupeaux plus ou moins fixés trouvent les compléments qui leur sont nécessaires dans la consommation directe des ligneux bas ou dans celle des ligneux hauts émondés. Il faut ajouter l'abattage des arbres pour fournir le combustible réclamé par les populations urbaines. Dans les régions isolées et dans les parc naturels, le prélèvement de végétation par les éléphants peut avoir une incidence très forte sur le peuplement ligneux (figure VIII.17) Il est clair que ces pratiques ne permettent la survie et le renouvellement de la ressource que si elles restent modérées et prudentes.

Figuer VIII.20 - Les dégats des campagnols dans un pâturage de Margeride en France (Photo Ph. Daget)

Ces sillons ont été faits par ces bestioles sous la couche de neige

Figure VIII.21 – Etat d'une savane boisée après le passage d'une harde d'éléphants (Photo P. Poilecot)

852.2 - Modalités du suivi des ligneux

8522.1 - Par dénombrement

Dans des placettes soigneusement localisées, par marquage sur le terrain et par repérage au GPS, le diamètre de toutes les tiges des espèces ligneuses, même non aoûtées, est mesuré au dessus de l'empatement basal. Ces mesures peuvent faire l'objet d'une analyse structurelle, mais surtout elles sont conservées et comparées à celles qui sont faites dans la même placette à des dates ultérieures régulièrement échelonnées (tous les deux ans par exemple, ou tous le cinq ans). Le tableau VIII.5 a montré le type de résultats obtenus. Entre 1987 et 1991 le tiges *d'Acacia horrida* qui avaient 3 et 13 cm ont gagné 2 cm en diamètre, tandis que le pied de 25 cm a disparu ; il y avait 3 *Acacia mellifera* de 8 cm en 1987, en 1991 l'un d'eux a gagné 1 cm, les deux autres moins de sorte qu'ils sont restés dans la même classe.

Tableau VIII.5 – Confrontation de deux observations des ligneux dans un site d'Ethiopie

Espèces	années	Diamètres en cm															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	25	30	31
Acacia horrida	87			1								1			1		
Acacia horrida	91					1								1			
Acacia mellifera	87								3		1						
Acacia mellifera	91								2	1							
Acacia paoli	87						1		1				1			2	
Acacia paoli	91							1			1			1			1
Cadaba glandulosa	87		1														
Cadaba glandulosa	91	5															
Cordia sinensis	87										1						
Cordia sinensis	91											1					
Commiphora sp.	87				1		1										
Commiphora sp.	91					1	1										
Salvadora persica	87				2												
Salvadora persica	91					2											

8522.2 - Par transect

Les tansects effectués dans le cadre des méthodes des segments contigus (§3.6.1.3) ou de la ligne d'interception (§3.6.1.4) peuvent servir au suivi des végétaux ligneux. Pour cela, il faut que ces tansects et les points de base soient localisés avec le plus grand soin (par marquage sur le terrain et avec le GPS). Les tiges dont la distance aux point. de base a été notée doivent être mesurées et les mesures sont comparées comme précédemment. Cette approche est peut être plus précise que la précédente, mais elle est aussi plus longue et plus pénible.

8.6 - Aléas climatiques, flore et végétation

Nous avons insisté à plusieurs reprises sur l'incidence des aléas climatiques sur la flore et la structure de la végétation. Quelques exemples suffiront à illustrer cette importance qu'il ne faut jamais oublier d'analyser dans des essais diachroniques de longue durée.

86.1 - En savane sahélienne

Il s'agira des savanes du Sahel de la région de Lagbar, au Sénégal, déjà évoquée plusieurs fois. Des analyses ont été faites presque chaque année, dans le cadre du FAPIS sur ces savanes, à la même époque et donc au cours de la même phénophase. La figure VIII.22 permet la comparaison du nombre moyen d'espèces par station et des précipitations annuelles et met en évidence une variation parallèle très nette qui se traduit (figure VIII.23) par une relation linéaire :

$$N = A + B\,P$$

où **N** est la richesse floristique (ou nombre de diversité d'ordre zéro) et **P** le module pluviométrique annuel en millimètres. La phénophase de l'observation est d'une importance capitale; on sait, en effet, qu'en climat sahélien, les précipitations sont très concentrées sur la saison des pluies ; la période humide est intense et courte. Aussi, des observations faites donnent-elles des résultats très différents.

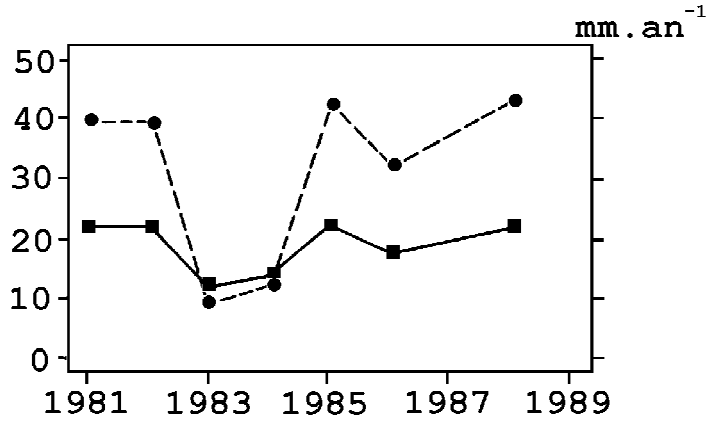


Figure VIII.22 – Variation annuelle de la richesse floristique et des précipitations en région sahélienne : Lagbar au Sénégal (● précipitations ; ■ richesse floristique)

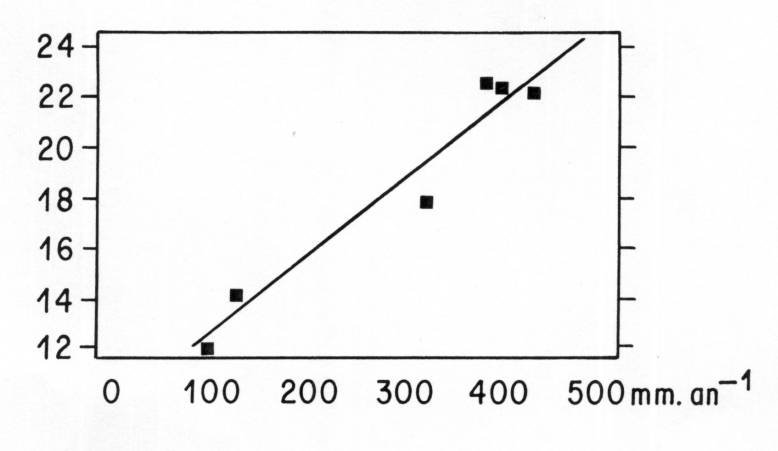


Figure VIII.23 – Relation entre la richesse floristique et les précipitations dans la savane sahélienne de Lagbar

En 1989, avec 589 mm, ce qui correspond à des précipitations exceptionnellement abondantes, le nombre d'espèces trouvées n'a été que de 11, mais les observations ont été faites en novembre au lieu qu'habituellement, elles étaient réalisées en septembre. La saison favorable était terminée, beaucoup d'espèces annuelles avaient disparu, mangées ou desséchées.

De nombreux travaux en zone sahélienne ont montré que la production herbacée augmente en moyenne de 3 kg.ha^{-1} pour chaque millimètre de pluie au dessus de 75 :

$$MS_H = D_{75}(3\,P - 225)$$

Simultanément la production moyenne de semences est proportionnelle aux précipitations supérieures à 75 millimètres :

$$MS_S = D_{75}\,P$$

Quant à la production de feuillage par les arbres fourragers, elle est, en moyenne, proportionnelle aux précipitations supérieures à 75 millimètre soit :

$$MS_F = D_{75}\,(1{,}68 - 93{,}5)$$

Bien entendu, il ne s'agit là que de premières approximations. En ce qui concerne le

Sahel, certains éléments climatiques importants dans d'autres zones climatiques peuvent être négligés ; en effet la durée de la saison des pluies est étroitement corrélée au module pluviométrique tandis que les températures moyennes mensuelles sont très peu variables. Par ailleurs, le nombre et l'intensité des averses seraient utiles mais sont absents des données publiées.

862 – En zone atlantique

862.1 - Production primaire

Comme celle de toute autre formation végétale, la production primaire d'un pâturage dépend, des aléas climatiques. Cela se sait de manière intuitive depuis la naissance de l'élevage ; mais des recherches de plus en plus nombreuses portent sur ce type de relation, en particulier depuis que Penmann a établi sa célèbre formule de calcul de l'évaporation réelle. C'est ainsi qu'on a pu mettre en évidence une relation entre le quantité de matière sèche produite au printemps et l'évapotranspiration réelle :

$$MS = a\ ETR - b\ N$$

où **ETR** est l'évapotranspiration réelle en $mm.j^{-1}$ et **N** le nombre de jours où la température moyenne est égale ou supérieure à 6°C; les coefficients **a** et **b** sont plus élevés au printemps qu'en été et quand les fertilisations diminuent le coefficient a diminue tandis que

b augmente. Par un jeu complexe de coefficients climatiques, des indices de production fourragère ont pu être calculés et ils permettent avec un ou 2 mois de décalage de dresser des cartes de potentialité fourragère ; portant sur des productions de type foin, elles ne sont pas directement des cartes pastorales, mais elles peuvent constituer de bons indices. Malheureusement de telles cartes sont rarement disponibles sur les régions arides où leur besoin se fait le plus sentir. On peut espérer qu'avec les moyens énormes investis actuellement sur les projets de cartographie automatique, ces carences seront enfin comblées.

862.2 - Recouvrements

Le nombre moyen de présences observées dans un essai sur un pâturage de Haute-Marne par 48 séries de points-quadrats effectuées en été suit une évolution identique à celle de la somme des précipitations précédant les observations (figure VIII.24). Il a été possible d'établir une relation linéaire entre le recouvrement des espèces et les éléments climatiques du type :

$$Kn = a\ Pn + b\ Tn + c$$

où **Kn** est le rapport Rn/R1 du recouvrement de l'année **n** au recouvrement de l'année 1; **Pn**

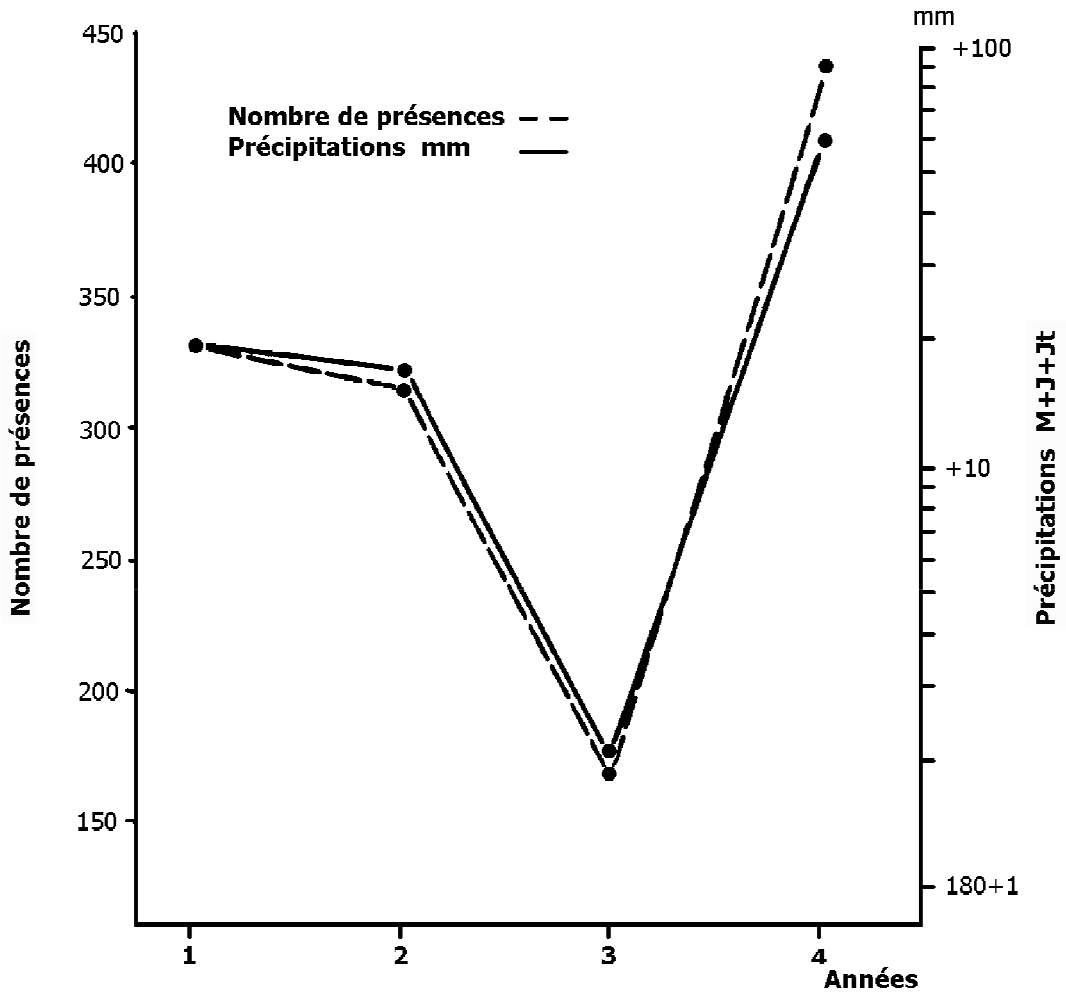


Figure VIII.24 – Variations du nombre de présences par double-mètre et des précipitations dans un essai de Haute-Marne (extrait de Daget-Bertoletti & Daget, 1972)

est le déficit de précipitation par rapport à la normale et **Tn** la différence de température par rapport à la normale ; **a, b** et c sont des coefficients donnés par le calcul d'une régression multilinéaire. Ainsi, dans le pâturage de Haute-Marne déjà évoqué, les 10 espèces : *Agrostis alba, Cardamine pratensis, Cynosurus cristatus, Chrysanthemum leucanthemum, Dactylis glomerata, Poa trivialis* et *Taraxacum officinale* présentent des évolutions tout à fait parallèles, malgré des recouvrements différents. Leur recouvrement commence par augmenter (2ème année) puis passe par un minimum (3ème année) et augmente à nouveau pour atteindre une valeur en générale supérieure à celle de la 1ère année. L'analyse montre que ces recouvrements suivent la même loi :

$$Kn = 0.022\ Pn + 0.227\ Tn + 1.068$$

relation qui permet d'expliquer 97% de la variation totale observée (figure VIII.25).

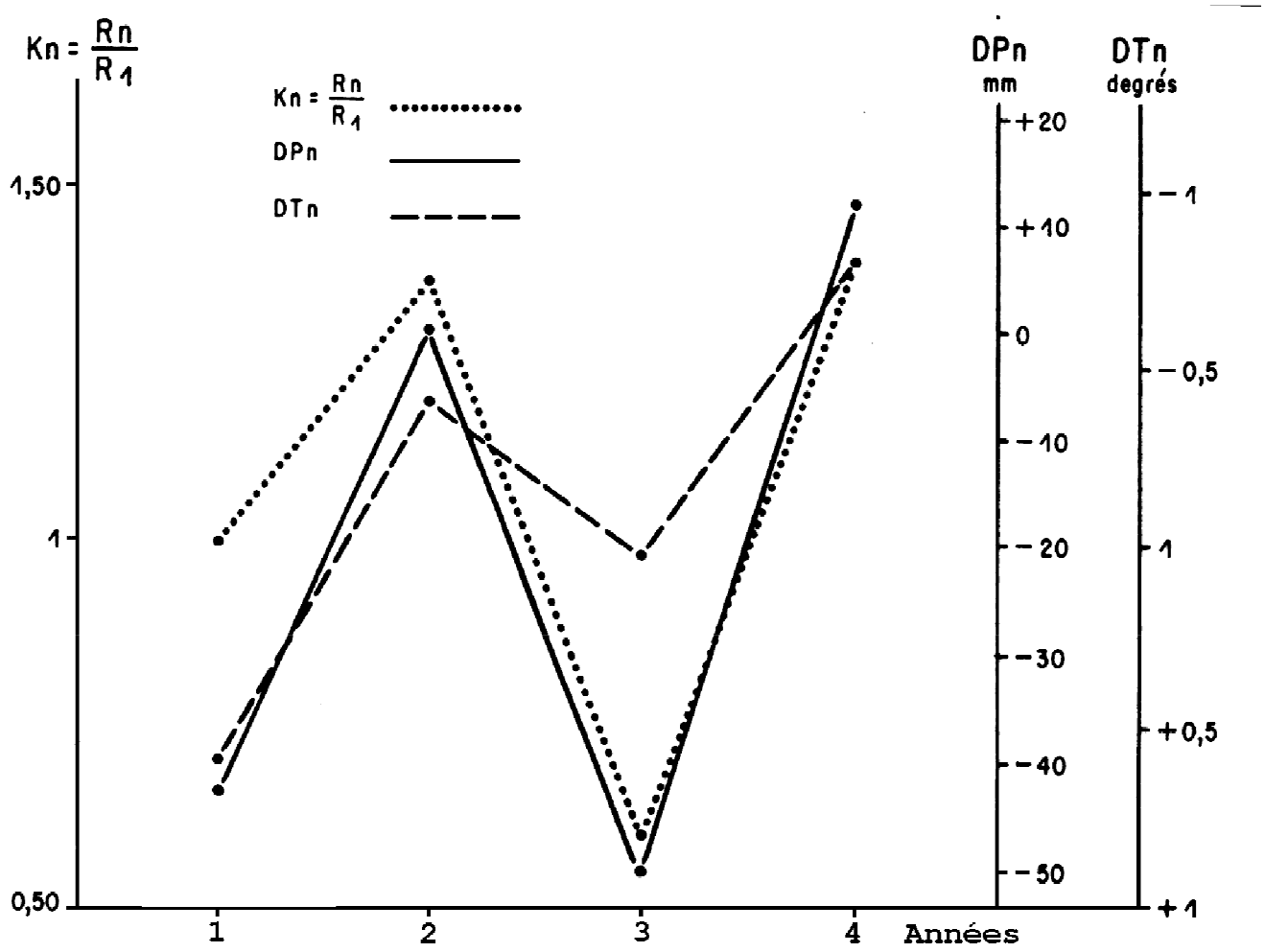


figure VIII.25 - Evolution du recouvrement de quelques espèces et facteurs climatiques en Haute-Marne (extrait de Daget-Bertoletti & Daget, 1972)

8.7 - La dégradation par le sur-pâturage

La densité des animaux dépaissant dans les pâturages des régions sèches a augmenté sensiblement au cours des dernières décennies. Ainsi, en 10 ans seulement, de 1962 à 1972, tandis que population et cheptel augmentent de 8 % dans les pays développés, les augmentations observées dans les autres pays sont respectivement de 27 et 20%. Cette importante charge supplémentaire s'accroît de plus en plus vite, comme le souligne l'exemple de l'Algérie (figure VIII.26).

Les territoires pâturés, de plus en plus sollicités, ont des difficultés croissantes à répondre à la demande. Par ailleurs, et comme pour accroître les difficultés, les pays où le cheptel augmente le plus vite sont aussi les plus arides... Dans ces pays, l'utilisation des points d'eau revêt une importance primordiale et les troupeaux convergent de loin vers les rares puitss. Il en résulte une charge locale considérablement plus élevée que la moyenne régionale et une dégradation accentuée.

87.1 - Cas des puits dans les steppes de l'Asie centrale

Les steppes de l'Asie centrale sont, pour une part dominante, localisée dans le Turkménistan; largement parcourues par des troupeaux de mouton (de race carracul) en nombre croissant et liés aux points d'eau, elles présentent des faciès de dégradation très nets. Les spécialistes

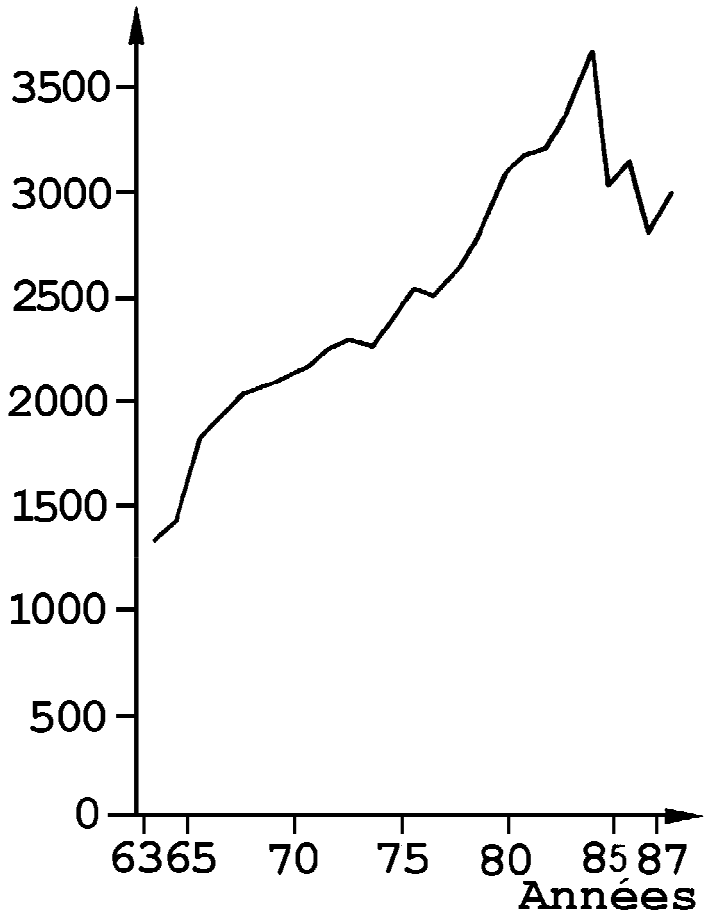


Figure VIII.26 – Evolution du cheptel ovin en Algérie (redessiné d'après Boutonnet; 1989)

locaux, en particulier ceux de l'Institut du désert d'Achkhabad, établissent 4 classes de dégradation :

- - Végétation **intacte** (c'est-à-dire des mises-en-défens de 7 ans),
- - I-SD ou végétation **peu dégradée**,
- - II-SD ou végétation **dégradée**,
- - III-SD ou végétation **très dégradée**,
- - IV-SD ou zone **entièrement dégradée**.

L'examen de nombreux points d'eau a mis en évidence une zonation concentrique de dégradation :

- de 0 à 500 mètres, tout est dégradé par le piétinement et la végétation a presque totalement disparu, c'est le type IV-SD,
- de 0.5 à 1.5 kilomètre autour du puits, la végétation est du type III-SD,
- de 1.5 à 3.5 kilomètres, elle du type II-SD,
- de 3.5 à 5 kilomètres, elle est du type I-SD,
- au delà de 5 kilomètres, elle est très peu abîmée, ou même intacte dans les mises en défens.

stérilisée s'étend sur 78 ha, la zone III-SD couvre 628 ha, la zone II-SD 3 141 et la zone I-SD 4 005 ; il s'agit donc d'un total de 7 850 ha plus ou moins dégradés autour de chaque puitss. Ces chercheurs ont de plus noté que ces rayons moyens avaient tendance à augmenter avec le temps, sauf le dernier ; en effet, les troupeaux ne peuvent guère aller pacager au delà de 5 kilomètres de leur point de départ et, se maintenant sur place, ils accentuent progressivement la dégradation du territoire. Les études de l'Institut des déserts permettent de préciser les modalités de cette dégradation. D'abord, comme chaque fois qu'un paramètre du milieu devient prépondérant, la richesse floristique décroît d'une zone à l'autre (tableau VIII.9).

En considérant ces 4 séquences comme 4 répétitions, le nombre moyen d'espèces par zone de dégradation est :

0	42.75
I	32.25
II	23.25
III	15.25
IV	5.75

il lui correspond une régression en fonction du type **X** de zone :

$$N = 42 - 9.15\ X$$

Tableau VIII.11 - Variation de la richesse floristique avec la dégradation par le surpâturage dans les steppes de l'Asie centrale (d'après Netchayeva, 1984)

Zones de dégradation	Zones sableuses			Zones argileuses
	Asscociations			
	1	2	3	
0	42	47	47	35
I-SD	20	44	40	25
II-SD	17	37	28	11
III-SD	8	25	20	8
IV-SD	3	6	11	3

1 Association à *Haloxylon persicum* et *Carex physodes* ; 2 Association à *Calligonum rubens* ; 3 Association à *Salsola arbuscula* ; 4 Association à *Atemisia kemrudica*

pour laquelle un test de linéarité (tableau VIII.10) montre qu'avec une telle valeur de F, la régression est hautement significative.

Tableau VIII.12 - Test de linéarité de la variation de la richesse floristique en fonction de la dégradation

Source	ddl	sc	cm	F
moyenne	1	11376,45		164
regression	1	3312,4		50,2
résiruelle	18	1170,15	68	
totale	20	15859		

Dans le détail, la flore se répartit selon des groupes en écailles entre ces 5 zones ; les groupes obtenus sont réunis dans le tableau VIII.11 dans lequel, au sein de chaque groupe, les espèces sont classées selon leur préférence écologique mesurée par le barycentre de leurs profils.

Tableau VIII.13 - Répartition dans les zones de dégradation de quelques unes des espèces des steppes de l'Asie centrale

Espèces présentes dans les zones O et I seulement			
Astragalus maximus	1,33	*Aellenia subaphylla*	1,40
Astragalus flexus	1,33	*Calligonum setosum*	1,40
Acanthophyllum stenostegium	1,33	*Heliotropium dasycarpum*	1,50
mousses	1,33		
Espèces présentes dans les zones O, I et II			
Carex physodes	1,75	*Mausolea eriocarpa*	1,91
Haloxylon persicum	1,80	*Aristida pennata*	2,38
Espèces présentes dans les zones O à III			
Salsola richterii	2,11	*Bromus tectorum*	2,54
Calligonum rubens	2,20	*Astragalus longipetiolatus*	2,57
Calligonum caput-medusae	2,20	*Ammodendron canollyi*	2,75
Ephedra strobilacea	2,36		
Espèces absentes dans la zone O et présentes dans les zones I, II et III			
Astragalus paucifugus	3,00	*Tournefortia sogdania*	3,25
Cutandia memmphitica	3,20		
Espèces présentes dans les zones O et I et présentes dans les zones II et III			
Smirnovia turkestana	3,60	*Acanthophyllum elatium*	3,75
Astragalus chivensii	3,67	*Chrozophora sabulosa*	3,75
Espèces absentes dans les zones O et I et présentes dans les zones II, III et IV			
Heliotropium arguzioides	3,60	*Agriophyllum minus*	4,00
Agriophyllum latifolium	4,00	*Aristida karelini*	4,18

Il faut ajouter que, sur les sols sableux fréquents dans ces régions, la dégradation, qui s'accompagne d'une ouverture importante du tapis végétal, entraîne une déstabilisation des sols qui deviennent de plus en plus sensibles à l'érosion éolienne. Les arbustes disparaissent les premiers, puis les espèces perennes, il ne reste plus que des annuelles fugaces et des refus. Cas des puitss en région tropicale

87.2 - Cas des puits en région tropicale

87.2.1 - Régions humides

Sans pouvoir se prononcer sur l'état de dégradation, il est intéressant de noter qu'en pays lobi du Côte d'Ivoire, la zone parcourue par le bétail autour du village a aussi un rayon de 5 kilomètres (figure VIII.27). Il s'agit de troupeaux bovins "mauvais marcheurs" pâturant une savane pérenne en région recevant 1 200 mm. La description de ces trajets est déjà ancienne ; elle a été récemment remise en valeur sous le nom d‘ «**étude des pratiques** » pastorales et complétée par une analyse des motivations qui poussent le berger à adopter tel ou tel itinéraire, telle ou telle vitesse de parcours.

872.2 - Région sèche

Dans une région nettement plus sèche du Sénégal, recevant 300 mm annuels, les observations suivantes ont été notées autour de l'abreuvoir de Lagbar (tableau VIII.13).

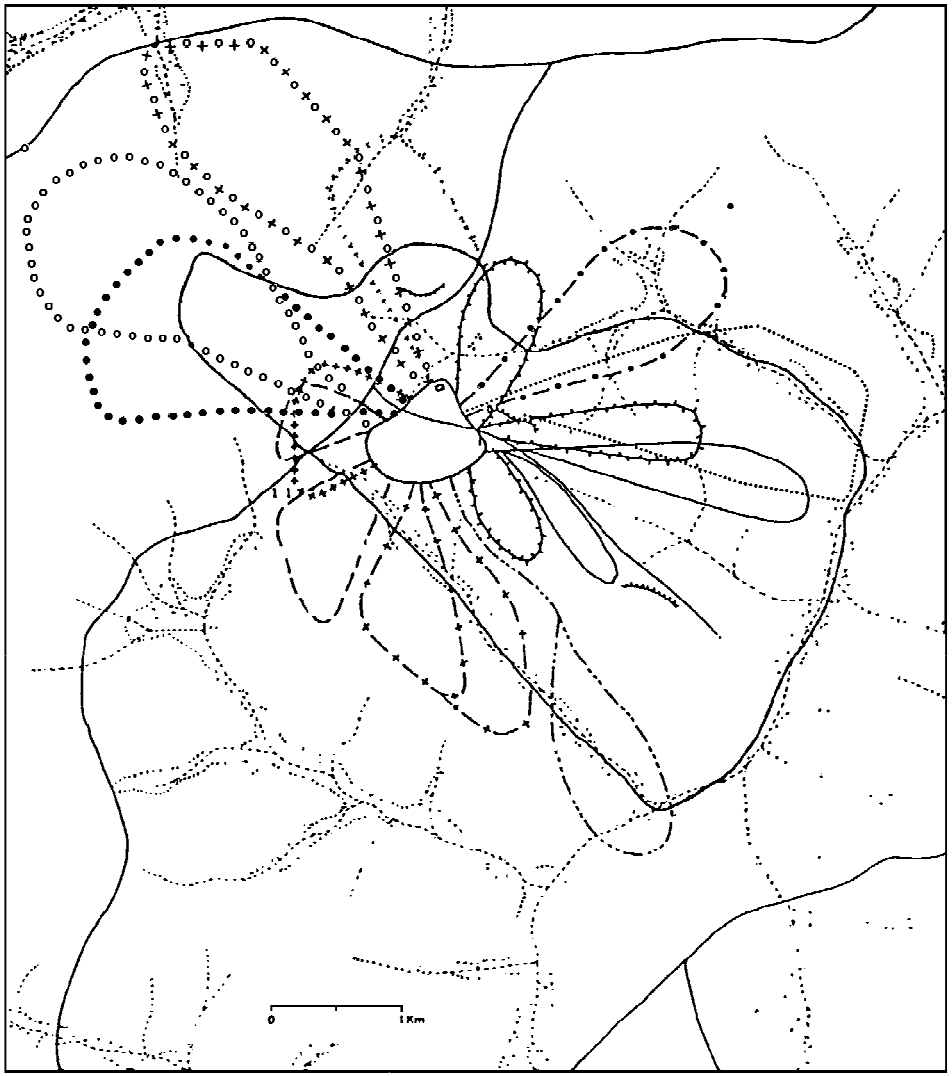


Figure VIII.27 – Les parcours individualisés des troupeaux en pays lobi
(extrait de Hoffman,1985)

Tableau VIII.14 - Principales caractéristiques de la dégradation autour de l'abreuvoir de Lagbar au Sénégal (extrait de Poissonet *et al.*,1989)

Espèces	Distances à l'abreuvoir en kilomètres						
	2	4	1,2	2,4	3,8	7	10
Boeherana diffusa	+++		-	--	--	---	-
Dactyloctenium aegyptium		+++				+	
Zornia glochidiata		++	+++				
Ipomoea sp.			+				
Cenchrus biflorus			++	+++		--	
Cyperus rotundus				+++			
Eragrostis tremula				+++			
Indigofera sp.				+++			
Chloris prieuri			++				
Aristida mutabilis				++		+	
Cenchrus prieurii				+			
Panicum laetum				+			
Portulaca sp.				+			
Trichoneura mollis				+			
Schoenefeldia gracilis				+	++		
Eragrostis tenella					+++		
Cyperus sp.					+++		
Tragus berteronianus					++		
Hibiscus asper					+		
Digitaria longiflora						+++	
Spermacoce verticillata							+++
Merremia pinnata							+

La zone la plus proche des abreuvoirs se caractérise par sa flore quasiment **monospécifique** de *Boeheravia diffusa* ; dans d'autres régions l'espèce dominante est *Eleusine indica*. L'accumulation des déjections animales dans cette zone où les animaux se regroupent et attendent pour s'abreuver explique la dominance de cette espèce nitrophile. L'horizon superficiel du sol a un pH qui atteint 8 / VIII.2 alors qu'au delà de 800 m il ne dépasse pas 7. Par ailleurs, il semble que les légumineuses et les graminées à cycle court soient favorisées par le sur-pâturage parce que leur recouvrement augmente quand la distance à l'abreuvoir diminue. Ici encore la richesse spécifique diminue quand la pression animale augmente ; la relation est :

$$N = 36,7 - 6,87\ X$$

où **X** dénote la zone comme ci-dessus ; en fonction de la distance **d**, mesurée en kilomètres :

$$N = 4,198 + 7,467\ d$$

Du point de vue des "pratiques", il faut noter que lorsqu'un puits n'est utilisé que par un groupe, ou un troupeau, les déplacements ne se font pas de manière radiale et anarchique, mais par un ensemble de **boucles**, analogues à celles de la figure précédente, et qui tournent autour du puits à mesure que la végétation du trajet est exploitée ; c'est de l'ensemble de tout ces trajets que résultent les **auréoles** observées.

87.3 – Cas des régions tempérées

Lorsque le climat est humide, les points d'eau sont relativement fréquents, soit forme de sources dans les régions argileuses, soit sous forme de réserves (citernes ou lavognes) dans les régions calcaires, soit même d'abreuvoirs artificiels là où il y a adduction d'eau. Aussi, les phénomènes précédents de dégradation autour des points d'eau sont-ils rares et de toutes manières localisés par le fractionnement des troupeaux et du parcellaire. Ils sont plus fréquents, quoique limités pour les mêmes raisons, au voisinage des portes des pâtures, surtout lorsqu'il s'agit de vaches laitières. Là encore, ces dégradations sont réversibles ; il suffit que l'exploitant change la porte de place pour que les traces de dégradation disparaissent progressivement.

Un autre type de dégradation par le surpâturage s'observe dans les régions où des pacages communaux sont mis à la disposition des éleveurs. Les troupeaux viennent y paître dans la journée et en sont retirés le soir pour séjourner dans les pâtures de leurs propriétaires. Il y a exportation constante de matière végétale broutée non compensée par des restitutions organiques (fécès) suffisantes. Le sol s'appauvrit progressivement et la végétation se dégrade. En région de montagne siliceuse, de telles pâtures deviennent des nardaies, alors que les pâtures normalement gérées du voisinage relèvent du *festuceto-cynosuretum*. On retrouve le processus décrit par ailleurs (§ 753.2).

8.8 - Place des pâturages dans la dynamique des paysages

88.1 - Ecesis

Girardin a très bien décrit, dès le milieu du XIX° siècle, le devenir d'une terre abandonnée par la culture, mais parcourrue par le bétail, ce que les phytogéographes ont appelé l'**écésis** :.

> ***Un terrain d'abord soumis à la culture, puis abandonné à lui-même finit par se transformer en prairie, sans le concours de l'homme. Quelques espèces voraces (sic) se montrent d'abord et s'emparent du terrain ; à côté d'elles, paraissent bientôt des plantes, plus faibles à leur naissance, mais plus vivaces, qui étendent leur racines traçantes. Chaque espèce combat ses voisines pour rester maîtresse du sol, et ce n'est qu'après plusieurs années de luttes que chacune d'elles finit par occuper un rang en rapport avec sa force de végétation, ou la facilité de sa multiplication. La composition végétale de la prairie reste alors la même, sauf quelques légères modifications, produites par les influences météorologiques.***

Il en tire la conclusion qu'une observation judicieuse des pâturages en place, de leurs microclimats, de la nature des sols et de leur degré d'humidité, permet de choisir les espèces à introduire et à en écarter, dès le principe, les espèces inutiles ou nuisibles. Il recommande donc de procéder à ce qu'on n'appelait pas encore une **étude d'écologie régionale**. Par ailleurs, il faut remarquer aussi sa bonne perception de l'équilibre dynamique du gazon des pâturages de nouveau analysé par Davies dans les prairies d'Angleterre.

Une végétation en équilibre avec les conditions de milieu constitue ce que les phyto-géographes appellent un **climax**, en l'absence d'influence humaine notable, l'élément mésologique prédominant est le climat, il s'agit alors du ***climax climatique*** relativement uniforme dans le paysage ; çà et là des conditions particulières deviennent dominantes, c'est souvent le cas de l'humidité dans les cuvettes peu ou non drainées, entraînant l'apparition localisée d'un équilibre différent correspondant au ***climax édaphique***. L'assemblage en mozaïque d'une matrice climatique et d'éléments différents constitue le ***polyclimax***. Les pâturages sont souvent en équilibre avec leurs conditions de milieu au sein des quelles les actions directes du gestionnaires et celle du bétail sont dominantes, il s'agit alors d'un ***agroclimax***. Mais cet agroclimax résulte, dans les régions atlantiques et médio-européennes d'un défrichement du climax forestier et, livré à l'abandon retourne à ce climax, il constitue donc un **état métastable**.

Dans la Margeride, massif granitique froid du centre de la France, *Pinus sylvestris* tient une très grande place dans le paysage due à son rôle d'espèce pionnière héliophile qui crée l'ambiance forestière au sein de laquelle le hêtre, *Fagus silvatica*, se réintroduit pour reconstituer la forêt climax. Dans la mesure où un défrichement n'intervient pas dans le cours de cette évolution dont la durée est de l'ordre de deux siècles. Le schéma de la figure VIII.28 traduit cet ensemble de phases dont on retrouve les étapes sur une même parcelle au cours du temps ou à un moment donné juxtaposées pour constituer les tesselles du paysage.

88.2 - Déprise pastorale

882.1 - Dans les régions tempérées

8821.1 - Alpages

Il semble qu'à l'origine beaucoup des alpages de l'Oisan (Isère-France), entre 1 500 et 2 100 m d'altitude aient été recouverts de forêts sub-alpine de *Pinus montana* ; après les défrichements, destinés à permettre l'extension de l'élevage, des pelouses ont succédé à la forêt. Dans les conditions édaphiques les plus contraignantes, ce furent des pelouses d'une composition floristique particulière réglée par ces conditions, et qui semblent être restées stables depuis lors ; il s'agit des pelouses hygrophiles des fonds de vallon et des pelouses xérophiles plus ou moins ouvertes des pentes fortes, sur calcaire et en exposition

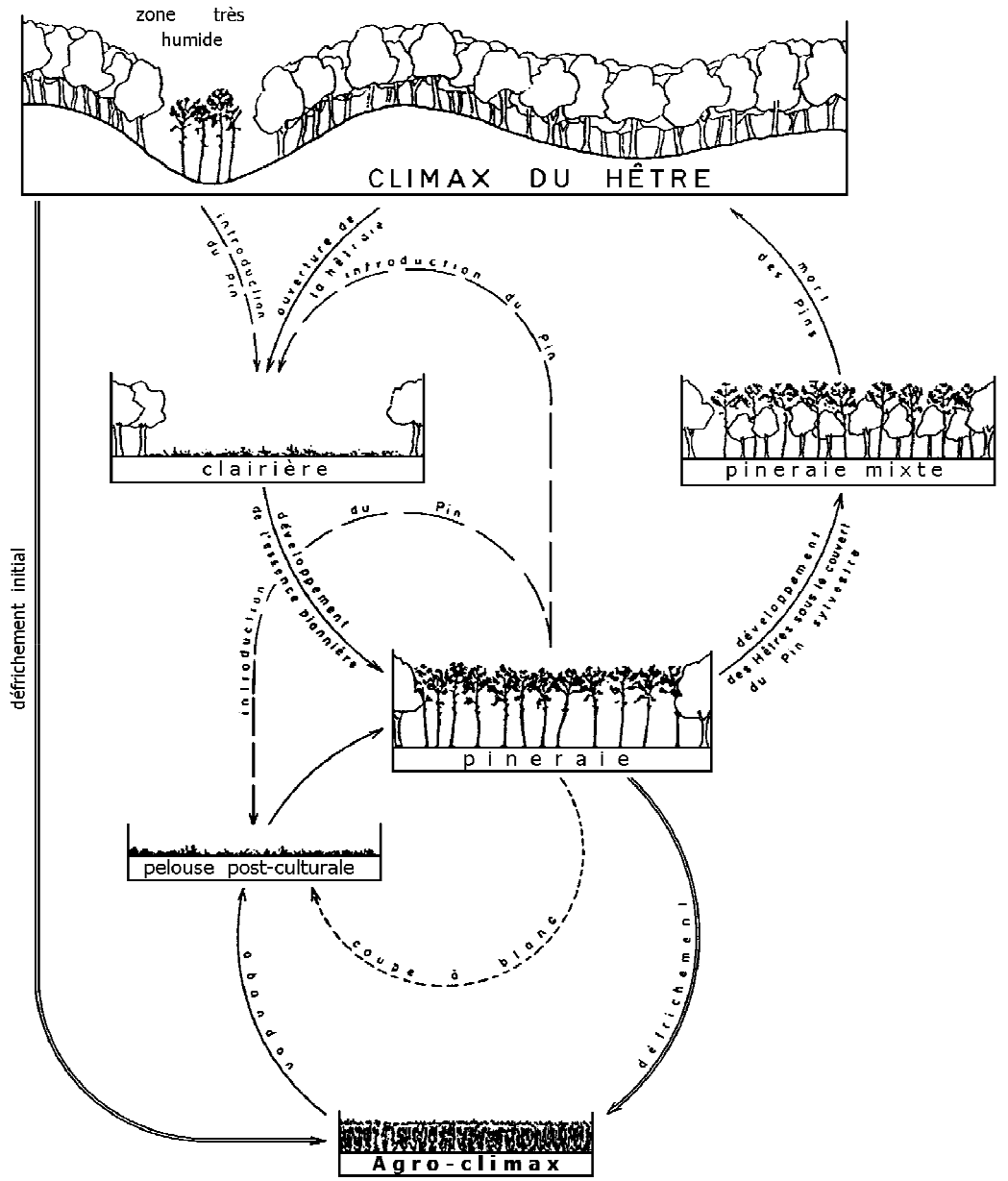


Figure VIII.28 – Le jeu des succession d'occupation des terres dans une région montagneuse de France

(extrait de Daget, 1968)

sud. Ces dernières sont les pelouses à *Helianthemum italicum* ou *grandiflorum* ou à *Sesleria coerulea*. Par contre dans tous les autres cas l'état des modes d'exploitation règle étroitement celui des pelouses. Dans le passé les exploitants fauchaient des surfaces aussi grandes que possible ; autour de 2 000 m et sur sols stables cette pratique est liée au développement de pelouses de *Trisetum flavescens* avec *Dactylis glomerata* et *Festuca rubra*. A la suite de l'abandon progressif de la fauche, d'abord des emplacements les plus éloignés des lieux d'exploitation puis de plus en plus proche des villages, ces pelouses ont évolué par appauvrissement vers des formations à *Festuca rubra* avec *Agrostis vulgaris, Alchemilla vulgaris*, etc. Cette évolution ne demande que quelques années. Tant que l'exploitation reste régulière et la charge suffisante, de telles pelouses peuvent perdurer, mais la diminution de la pression pastorale, qui commence par les plus maigres d'entre elles, entraîne une dégradation nette conduisant à :

- d'abord, des pelouses à *Festuca spadicea*,
- puis des pelouses de *Deschampsia flexuosa*,
- et enfin des pelouses de *Nardus stricta*

Une nouvelle diminution de la pression pastorale entraîne une nouvelle évolution vers les landes de *Vaccinium myrtillus*. Ces dernières constituent un pallier évolutif ou paraclimax. Naturellement, dans des situations non pâturées intentionnellement ou parce que les végétations d'après défrichement étaient trop pauvres pour intéresser les animaux, l'évolution

peut être plus directe vers les pelouses à *Festuca spadicea* ou vers les landes de *Vaccinium myrtillus*, considérées comme typiques de l'étage subalpin dans d'autres massifs.

8821.3 - Estives

Les estives, appelées dans certaines régions "montagnes", sont des pâturages de moyenne altitude (1 000 à 1 800 m), utilisés seulement en été comme les alpages et selon des techniques voisines. Elles ont souvent fait l'objet de transferts externes pendant de très longues périodes. Pendant la journée, le troupeau parcourt l'estive, accompagné du berger, y prélève sa nourriture puis est parqué pour la nuit à l'extérieure de l'estive sur une parcelle de culture qu'il enrichit de ses déjections. Il s'agissait souvent, comme dans la Margeride, de troupeaux transhumants venant des plaines parfois éloignées (Languedoc). Cette technique a entraîné un transfert important d'éléments fertilisants et de matière organique qui appauvri l'estive au profit des cultures. Dans ces territoires soumis à une exploitation de type minier, la dynamique de la végétation pastorale est très voisine de celle qui a été observé dans les alpages : les pelouses de *Festuca rubra* se dégradent en pelouses à *Festuca ovina* envahies progressivement par *Nardus stricta*. Lorsque la pression animale diminue, ce qui est la conséquence de la baisse de la valeur pastorale du pâturage, la végétation passe progressivement à la lande à Ericacées, mais il s'agit ici de *Calluna vulgaris*. La lande, qui comporte encore quelques graminées des stades antérieurs et du *Genista pilosa*, se ferme progressivement. Le stade ainsi atteint est très stable, c'est un pénéclimax, bien que

présentant des phases de sénescence et de rajeunissement. Un boisement par du *Pinus sylvestris* de montagne se met en place et entraîne une lente évolution vers une forêt peu productive. Les services forestiers cherchent le plus souvent à s'approprier ces espaces pour les boiser en résineux (*Picea exelsa* dans la plupart des cas). Le phénomène est moins rapide lorsque le pâturage est soumis à un transfert interne. Les troupeaux parcourent la pâturage, librement s'il est clos ou accompagnés d'un berger, mais passent la nuit en des emplacements situés au sein du pâturage qui sont enrichis au détriment du reste. Ces emplacements peuvent être mobiles, c'est-à-dire déplacés chaque jour (c'est la fumade du Cantal) ou fixes (comme les « fumées » du Forez). Mises en place au cours du XIX^{ème}, ces modes de gestion lourds étaient mieux adaptés aux économies déficitaires d'alors qu'aux économies excédentaires de maintenant ; sous les assauts de l'augmentation des charges sociales et fiscales, et des quotas laitiers, la plupart d'entre elles disparaissent et la végétation se dégrade progressivement selon le processus décrit ci-dessus. Les parties fumées pouvaient avoir été très sensiblement améliorées et présenter des pelouses à base de *Trisetum flavescens* et assez riches en *Lolium perenne*. Ce dernier, nitrophile et peu compétitif, disparaît le premier ; *Trisetum flavescens* cède à son tour le pas et on rejoint le cycle d'évolution vers la lande.

Il reste les estives d'altitude plus basse. Souvent placées en conditions climatiques moins rigoureuses, elles sont parsemées ou entourées de bosquets. Leur évolution est plus rapide ; la dégradation progressive du gazon est coutcircuitée par la progression très rapide de la forêt. Elle procède en général en deux temps

d'abord, la fougère aigle, *Pteridium aquilinum*, envahit tout l'espace disponible, puis les végétaux ligneux suivent, avec des noisetiers (*Corylus avellana*) précédant les essences forestières proprement dites. Il suffit de quelques années pour fermer le paysage.

8821.3 - Parcours collinéens

Dans la zone collinéenne, en première approximation dans l'étage du chêne, l'évolution consécutive à la déprise agricole est très ancienne et bien décrite par les phytosociologue et les biogéographes. Ces parcours étaient souvent localisés sur des pentes sèches des collines, des côtes ou des versants des vallées, dans des secteurs qui ne pouvaient être viticoles ou que la vigne avait été abandonné, Envahis d'abord par *Brachipodium pinnatum*, graminée très peu productive et très peu palatable, ces végétations sont progressivement colonisées par des rosacées épineuses (*Rosa canina, Rubus ssp., Prunus spinosa, Crataegus spp.*).

888.2 - Régions tropicales humides

Dans les savanes humides, la biomasse épigée de la strate herbacée peut atteindre 15 $t.MS.ha^{-1}$; elle diminue quand l'altitude augmente et quand les précipitations ou les températures diminuent. Cette végétation est dominée par *Andropogon gayanus, Hyparrhenia diplandra, H. filipendula, Panicum phragmitoides, Loudetia kagerensis* ; les espèces ligneuses sont toujours présentes. Une exploitation équilibrée, consommant des 2/3

de la biomasse herbacée et faisant intervenir des feux périodiques, permet de maintenir le niveau optimal de production de ces savanes.

8822.1 - Dégradation des savanes par sous-pâturage

Sous l'action d'un sous-pâturage, consommation insuffisante ou raréfaction des feux, la savane est progressivement envahie par les ligneux sous le couvert desquels les espèces les plus productives disparaissent au profit de sciaphytes peu productrices. La production globale de ces savanes est ainsi proportionnelle au couvert ligneux (figure VIII.31). La production et la valeur du tapis végétal diminuant, la charge potentielle décroît aussi, ces pâturages sont négligés, les mises à feu abandonnées et le couvert ligneux augmente. Lorsque le couvert est important, la mouche tsétsé s'introduit à partir des galeries et interdit pratiquement l'accès de ces savanes boisées au bétail. Le terme de l'évolution est une forêt claire sous-strate herbacée, puis une forêt secondaire.

Un **coefficient d'embroussaillement** a été proposé pour suivre ce phénomène :

$$E = \frac{\Sigma Csr}{\Sigma Cs}$$

Dans lequel $\sum Csr$ est la somme des contributions des refus et $\sum Cs$ celle de l'ensemble des espèces.

8822.2 - Dégradation des savanes par sur-pâturage

Le sur-pâturage, correspondant à une consommation supérieure aux 2/3 de la biomasse herbacée aérienne, entraîne aussi une dégradation d'ensemble. Dans un premier temps, les meilleures espèces, *Hyparrhenia diplandra, Andropogon schirensis, Panicum phragmitoides*, les plus consommées, disparaissent tandis que les moins bonnes (*Hyparrhenia filipendula, Ctenium newtonii*), négligées par le bétail, augmentent. La contribution de *Bracharia brizanta*, très bonne espèce, augmente aussi beaucoup dans un premier temps, car son port prostré est favorisé par le piétinement ; elle peut maintenir la valeur pastorale du pâturage à un niveau assez élevé, mais son importance traduit le début de la dégradation et un bon potentiel de restauration. Dans un second temps, le piétinement, l'arrachage des souches, aussi bien par les pieds que par les dents des animaux, l'épuisement des espèces, et par suite leur mort ouvrent le tapis végétal et mettent le sol à nu, qui perd alors sa structure sous l'impact des pluies ; cela permet en outre à des espèces invasives de s'installer facilement (par exemple *Chromolaean odorata* en Afrique centrale). L'ouverture augmente, une érosion peut démarrer, surtout si le terrain est en pente. La valeur de la végétation diminue de plus en plus et son exploitation régresse, les feux sont abandonnés, et dès lors l'embroussaillement apparaît et s'accélère progressivement. A terme, une forêt secondaire est le stade ultime de l'évolution lorsque l'érosion n'est pas trop rapide.

Le sous-pâturage en conduite de pâturage libre (sans berger) induit en début d'hivernage des « lacets», des sentiers de circulation des animaux dans le pâturage. Ils seront visités et parcouru pendant toute la saison des pluies par les animaux qui privilégient les repousses, délaissant la masse de la végétation hors des lacets, pousser très vite. Il en résulte un surpâturage local dans les « lacets » dans un « sous-pâturage » global.

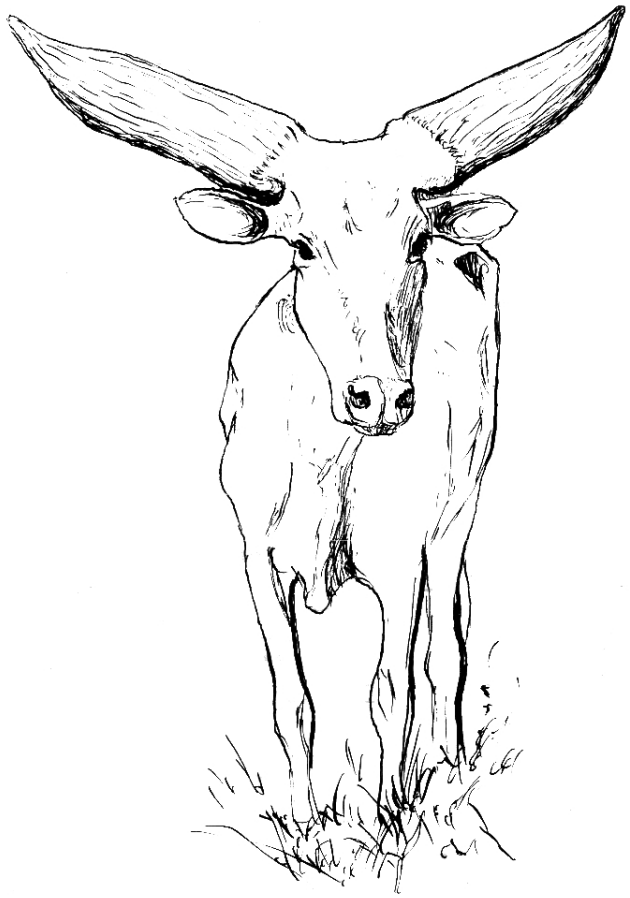
8822.3 - Règles de restauration des savanes humides

Le maintien ou la restauration du potentiel pastoral des savanes humides suppose le respect des règles suivantes :

- **maintien d'un couvert ligneux ouvert inférieur à 50 % et si possible de l'ordre de 25 %**
- **observation d'un repos périodique annuel et d'une rotation**
- **maintien d'une charge "optimale" consommant les 2/3 de la biomasse herbacée en saison humide et réduite de moitié en saison sèche**
- **suppression momentanée de la consommation des repousses après un feu, une fauche ou une surconsommation de saison sèche.**

Chapitre 9

Cartographie des pâturages



Dessin de René Ferris

Liste des paragraphes

- **9.1 - L'occupation des terres ……..9.04**
- **9.2 - Cartographie phytosociologique ……9.22**
- **9.3 - Carte des groupes écologiques ……..9.28**
- **9.4 - Cartes pastorales ……..……..9.34**
- **9.5 - Carte de la production pastorale ……..9.50**
- **9.6 - Cartes des Atlas pastoraux ……9.55**
- **9.7 - Cartes évolutives …….9.56**
- **9.8 – Pour une exploitation des cartes pastorales ……9.59**
- **9.9 - Appréciation de la valeur régionale ……9.62**

9.1 - L'occupation des terres

91.1 - Principes

La notion **d'occupation des terres** permet de rendre compte de la distribution spatiale des peuplements végétaux, naturels ou artificiels, qui occupent la portion de territoire décrite. Elle est l'expression de la combinaison de trois caractères liés à :

- la structure de la végétation,
- l'influence de l'homme,
- la composition floristique.

La structure de la végétation est décrite au moyen des **formations végétales** telles qu'elles sont présentées dans le chapitre I.

L'influence de l'homme se traduit par une pression sur le peuplement étudié d'où résulte une artificialisation du milieu souvent mesurée par référence à l'échelle suivante :

1 - Végétation climacique

2 - Artificialisation faible

3 - Artificialisation assez faible

4 - Artificialisation moyenne

5 - Artificialisation assez forte

6 - Artificialisation forte

7 - Milieux artificiellement dépourvus de végétation

L'appréciation de l'influence de l'homme combinée à la connaissance de la structure confère au peuplement les formes particulières qui sont notées sur la **carte de l'occupation des terres.** La pyramide de la figure IX.1 montre comment les niveaux d'artificialisation peuvent être combinés aux formations végétales sur quelques exemples.

Enfin, la composition floristique essentielle envisagée ici ne retient de la liste floristique que la ou les quelques espèces qui forment la végétation et lui impriment des caractéristiques particulières. Ce sont surtout les espèces dominante et co-dominante, c'est-à-dire celles qui ont le plus fort recouvrement global, ainsi que celles qui, bien que rares, jouent un rôle différentiel net. Ainsi, on distinguera une lande de *Calluna vulgaris* (espèce dominante) à *Vaccinium myrtillus* (espèce différentielle caractérisant les milieux froids en climat humide, de montagne par exemple) et une lande de *Calluna vulgaris* à *Molinia*

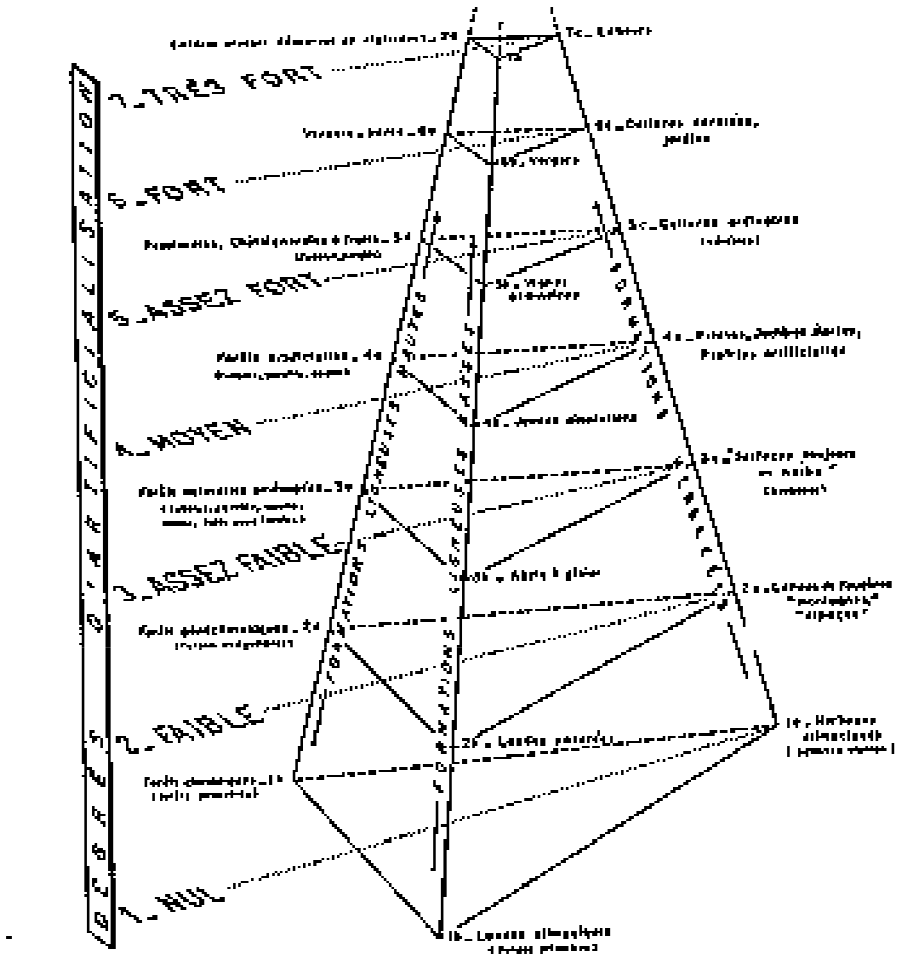


Figure IX.1 - Exemple schématique de la classification de quelques formes de végétation (extrait de Daget, 1968 *in* Godron Edit.)

coerulea (espèce différentielle des landes marécageuses à niveau fluctuant, des plaines sableuses par exemple).

La réalisation de ce type de carte à grande ou à très grande échelle ne peut être faite que par une exploration exhaustive du terrain par des cartographes à pied ; par contre à petite ou à très petite échelle les travaux peuvent être sensiblement facilités par une interprétation des données fournies par les photographies aériennes ou par les images satellites. Les techniques utilisées sont particulières et nous ne pouvons les détailler ici.

91.2 - Application en milieu tempéré

Dans les cartes à très grandes échelles (supérieures à 1/50 000), il est commode d'aller au delà de la simple indication des **formations végétales** en caractérisant les **formes de végétation**, en particulier dans les peuplements ligneux en retenant les dénominations usuelles localement, mais toujours en référence à une description structurelle standardisée. C'est ce qui a été fait dans la carte de l'occupation des terres de Thoras, commune de la Margeride de Haute-Loire. Les sigles utilisés, constitués par un ou plusieurs caractères italiques suivis d'un point, sont récapitulés dans le tableau IX.1.

La nature des arbres constituant les ligneux hauts est indiquée par un sigle en caractère majuscule droit :

Le Professeur Emberger examine avec ses élèves les modalités de la cartographie de ce paysage

A = *Abies alba* F = *Fraxinus exelsior*

B = *Betula verrucosa* H = *Fagus sylvatica*

E = *Picea exelsa* Y = *Pinus sylvestris*, etc.

suivit d'un chiffre arabe traduisant la hauteur moyenne de la strate arborée :

1 = moins de 4 m 4 = de 12 à 15 m

2 = de 5 à 7 m 5 = de 16 à 20 m

3 = de 8 à 11 m 6 = plus de 20 m

Dans les formations ligneuses basses, un sigle constitué par une minuscule droite indique la nature de l'espèce principale ou des espèces principales :

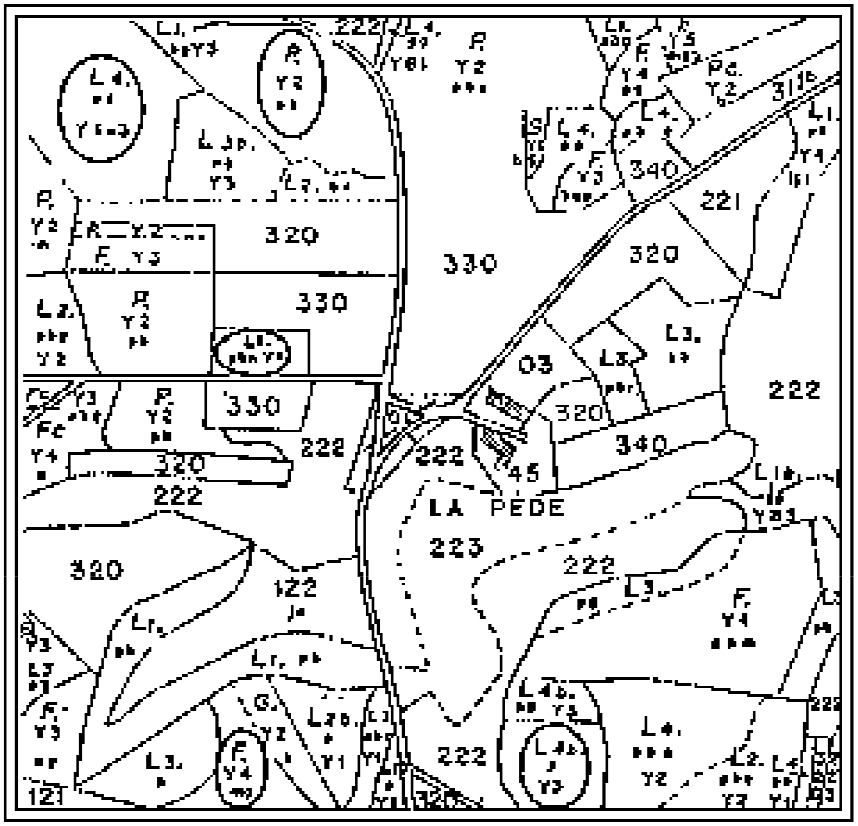
a = *Genista anglica* c = *Calluna vulgaris*

b = Sarothamnus scoparius v = *Vaccinium* myrtillus, etc.

Tableau IX.1 - Sigles utilisés pour représenter les végétations ligneuses sur la carte de Thoras

Ligneux hauts (forêts s.l.)			
sous-type à couvert dense		**sous-type à couvert clair**	
futaie	F	futaie claire	FC
perchis	P	perchis clair	PC
gaulis	G	gaulis clair	GC
taillis	T	taillis clair	TC
taillis sous futaie	TSF	taillis clair sous	
taillis clair sous futaie	TCSF	futaie claire	TCSFC
taillis sous futaie claire	TSFC		

Ligneux bas (landes s.l.)			
sous-type à couvert dense		sous-type à couvert clair	
semis naturel	S	taillis bas clair	TC
reboisement récent	R	lande très peu ouverte	L4
taillis bas	T	lande peu ouverte	L3
lande	L	lande ouverte	L2
		lande très ouverte	L1
sous-type dense et boisé		sous-type clair et boisé	
lande boisée	L6	landes ouvertes boisées	Lb4
			L3b
			L2b
			L1b



Les rigles citées dans le texte au paragraphe 2 c, sont entourés d'un cercle

Figure IX.2 - Fragment de la carte de l'occupation des terres de Thoras en Margeride

Quelques exemples pris sur la figure IX.2 illustreront le procédé décrit.

- **forêt** : dans la partie sud-ouest du fragment de carte, on lit "F. Y4 mg" qui se traduit : Futaie de *Pinus sylvestris* de 12 à 15 mètres avec des mousses et des *Juniperus communis* en sous-bois ;

- dans la partie nord, on lit "P. Y2 pb" qui signifie : Perchis de *Pinus sylvestris* de 5 à 7 m, avec un sous-bois de *Cytisus purgens* et de *Sarothamnus scoparius* ;

- **landes** : au nord-ouest le sigle "L4. pg Y1-3" signifie : Lande dense de *Cytisus purgens* avec des pieds de *Juniperus communis* et, ça et là quelques *Pinus sylvestris* de 1 à 11 m ;

- à l'ouest "L1. pbn Y4" évoque une lande très ouverte (10 à 25 pour cent de couvert global) de *Cytisus purgens* et de *Sarothamnus scoparius* avec des plages de *Nardus stricta* dans les ouvertures et quelques pieds de *Pinus sylvestris* de 12 à 15 m ;

- au sud "L4b. p Y3" dénote une lande très peu ouverte de *Cytisus* purgens boisées de *Pinus sylvestris* d'environ 10 mètres..

Le domaine agricole englobe tous les peuplements végétaux utilisés par l'exploitant de façon immédiate : parcours, herbages, terres cultivées, vergers, jardins. Dans l'exemple

Figure IX.3 - Normalisation des symboles utilisés pour la carte de l'occupation des terres (extrait)

analysé où il n'existe pas de vergers, le domaine agricole recouvre exactement l'ensemble des formations herbacées. Deux sous types y ont été distingués selon le caractère spontanné ou artificiel de la formation ; le tableau 9.2 réunit les formes de végétation cartographiées. Du point de vue de la cartographie des terres à pâturage, qui est celui de cet ouvrage, il faut souligner que seules les deux dernières formes de végétation (cultures sarclées et jardins potagers) échappent à la sole pâturée. Toutes les forêts, landes et jachères sont peu ou prou soumises à la dent du bétail ; les cultures céréalières sont parcourues après la moisson et une partie notable de leur production est utilisée en auto consommation pour l'alimentation hivernale des animaux.

La représentation des espèces principales par des lettres peut souvent être remplacée par l'utilisation de symboles souvent plus parlants normalisés par le Pr H. Gaussen au Service de la Carte de la Végétation du Cnrs et complétée par nos soins en 1964 (figure IX.3).

Tableau IX.2 - Sigles utilisés pour représenter les formes de végétation herbacée sur la carte d'occupation des terres de Thoras

Artificialisation	Formes	Sigles
sous-type spontanné		
1	Pâturages très extensifs	121
2	Pâturages extensifs	122
3	Pâtures	210
4	Prés de plateau	221
4	Prés de versant	222
4	Prés de vallée	223
2	Prés marécageux	230
sous-type artificiel		
1	Jachères tendant vers la lande	311
2	Jachéres plus ou moins pâturées	312
3	Jachères vives et labours	314
4	Cultures céréalières	320
4	Prairies temporaires	330
5	Cultures sarclées	340
6	Jardins potagers	45

91.3 - Application en milieu tropical

Bien que les milieux tropicaux soient, par nature, très différents des milieux tempérés, des cartes pastorales des formations végétales peuvent y être dressées et traduire de façon fine les divers états du milieu. La carte au 1/20 000 des savanes de Côte d'Ivoire de la région de Lamto en sont un exemple. **Pour la forêt**, trois strates sont distinguées :

- **Strate supérieure**, généralement constituée d'arbres à feuilles caduques pour laquelle 7 degrés d'ouverture sont retenus selon son recouvrement global : <4%, de 4 à 9%, de 9 à 25%, de 25 à 49%, de 49 à 64%, de 64 à 81%, >81%

- **Strate moyenne**, de 8 à 32 mètres, constituée de sempervirents, pour laquelle on ne note que trois classes : fermée (>90%), ouverte (10 à 90%), lâche (<10%).

- **Strate inférieure**, moins de 8 mètres, avec les trois mêmes classes

Pour les **formations herbacées**, les savanes, la présence des ligneux est caractérisée par deux strates :

- **Strate supérieure**, pour les végétaux ligneux de plus de 8 mètres, avec 4 classes : pas d'arbres, moins de 5%, de 5 à 10%, de 10 à 25%.

- **Strate inférieure**, pour les végétaux ligneux de moins de 8 mètres, avec 7 classes : moins de 5%, de 5 à 10, 10 à 15, 15 à 25, 25 à 50, 50 à 75, plus de 75%

Pour chaque type de formation, seules les 2 strates les plus marquantes sont prises en compte. Il vient donc les légendes du tableau 9.3 et la carte de la figure 9.4.

- Strate supérieure, généralement constituée d'arbres à feuilles caduques pour laquelle 7 degrés d'ouverture sont retenus selon son recouvrement global : <4%, de 4 à 9%, de 9 à 25%, de 25 à 49%, de 49 à 64%, de 64 à 81%, >81%.

- Strate moyenne, de 8 à 32 mètres, constituée de sempervirents, pour laquelle on ne note que trois classes : fermée (>90%), ouverte (10 à 90%), lâche (<10%).

- Strate inférieure, moins de 8 mètres, avec les trois mêmes classes

Pour les formations herbacées, la savanes, la présence des ligneux est caractérisée par deux strates :

- Strate supérieure, pour les végétaux ligneux de plus de 8 mètres, avec 4 classes : pas d'arbres, moins de 5%, de 5 à 10%, de 10 à 25%.

- Strate inférieure, pour les végétaux ligneux de moins de 8 mètres, avec 7 classes : moins de 5%, de 5 à 10, 10 à 15, 15 à 25, 25 à 50, 50 à 75, plus de 75%

Pour chaque type de formation, seules les 2 strates les plus marquantes sont prises en compte. Il vient donc les légendes du tableau 9.3 et la carte de la figure 9.4.

Tableau IX.3 - Légende de la carte de l'occupation des terres dans les savanes de Côte d'Ivoire (extrait de Hiernaux, 1975)

Les formations herbeuses								
Recouvrement arbustif (<8 m)		<5	5-10	10-15	15-25	25-50	50-75	>75
Recouvrement des strates arborées (8 à 30 m)	0 <5 5-10 10-25	0 1 2 3	10 11 12 13	20 21 22 23	30 31 32 33	40 41 42 43	50 51 52 53	60 61 62 63
Les formations ligneuses								
Recouvrement arboré (>8 m)		<4	4-9	9-25	25-49	49-64	64-81	>81
Recouvrement des ligneux (8 à 30 m)	>90 10-90 <10	7b 7c 7a	6b 6c 6a	5b 5c 5a	4b 4c 4a	3b 3c 3a	2b 2c 2a	1b 1c 1a

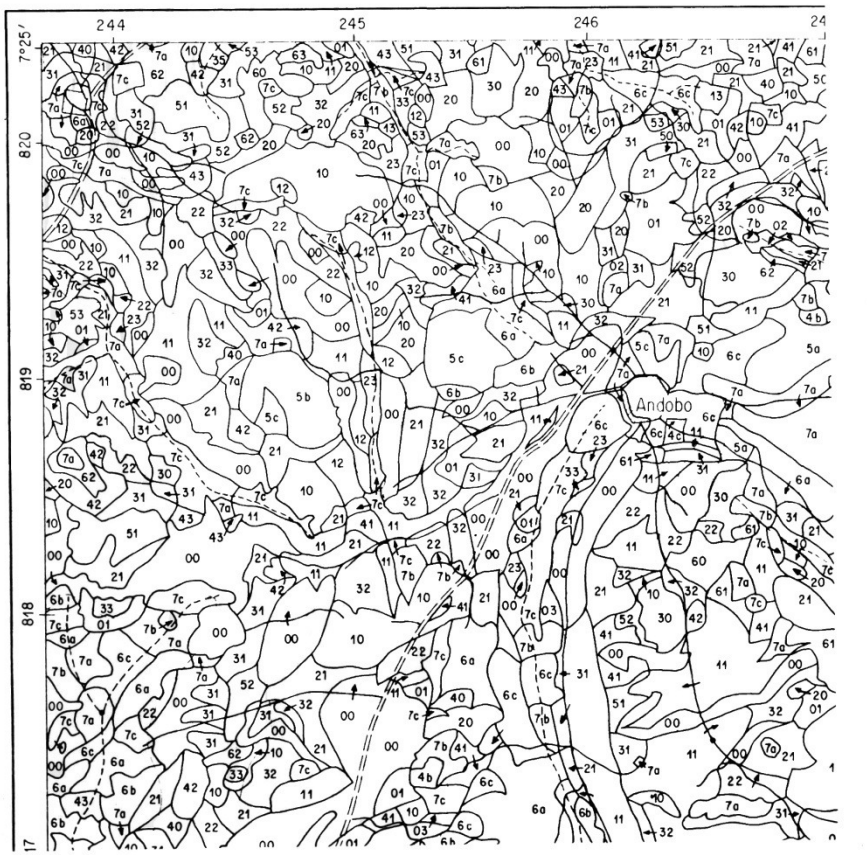


Figure 9.3 – Fragment de la carte de l'occupation des terres dans les savanes de Côte d'Ivoire (extrait de Hiernaux,1975)

Alors "**23**" se lit *Formation herbeuse à peuplement arbustif et arboré lâche* et "**61**" *Formation herbeuse à peuplement ligneux dense assez fermé et arboré extrêmement lâche* tandis que "**5c**" résume *Formation ligneuse très haute lâche avec strate ligneuse assez haute et peu haute très lâche à dense*.

Les savanes de Côte d'Ivoire comporte souvent des palmiers dont les plus fréquents sont *Borassus aethiopum* et *Phoenix reclinata*. Pour les premiers surtout, on distingue habituellement quatre phases :

Les germinations ou jeunes pousses (Koulé) jusqu'à 1 m.

Les jeunes (Gbogbo) qui présente un stipe conservant une parure de rachis (jusqu'à 7 m)

Les adultes (Koué) à partir du moment où le stipe présente un renflement dans sa partie supérieure,

Les stipes morts, soit après un stade de sénescence, soit à la suite des incisions pratiquées par les Baoulés pour récolter le vin de palme

Pour la carte de l'occupation des terres, il suffit de distinguer :

Plantules et jeunes pousses ; Individus au stade juvénile ; Adulte isolé ; Adultes groupés et trois niveaux de recouvrement : nul, aucun individu - inférieur à 10% - supérieur à 10%

91.4 - Quelques autres exemples

Les chercheurs du **Chili** ont utilisé les principes de la carte de l'occupation des terres dans la cartographie pastorale de leur pays. Ils donnent une importance particulière, tout à fait justifiée dans une région aride, au **recouvrement global** de la végétation en utilisant l'échelle suivante : dans la quelle on reconnait les degrés d'ouverture décrits au paragraphe 11.1 ; ils ajoutent au schéma des formations la prise en compte des **succulents** et donnent un accent particulier à la hauteur moyenne des la végétation. Une référence est faite pour l'emploi des termes hispaniques de la langue courante : bosques, matorrales arboreo, mattorales arbustivos, mattorales semiabierto, mattorales cerrados, praderas etc. en pourcentage des divers types de végétaux, parfois complétés de schémas explicatifs..

Recouvrements	Indices
<1	0
1-5	1
5-10	2
10-25	3
25-50	4
50-75	5
75-90	6
>90	7

L'Ile de Pâques a fait l'objet d'une cartographie complète selon le même système.

En **France**, le département de l'Hérault dans le Languedoc, la vallée du Golo en Corse, le massif des Albères dans le Roussillon ont fait l'objet de cartographie de ce type.

En **Algérie**, une carte de l'occupation des sols a été établie sur la Wilaya de Saïda au 1/200 000. Elle met l'accent sur le recouvrement global de la végétation. Les six feuilles comportent 52 unités ou faciès repérés par un sigle constitué par 3 chiffres arabes dénotant le type physionomique, la première espèce dominante puis la seconde, suivis de lettres alphabétiques traduisant les classes de recouvrement.

9.2 - Cartographie phytosociologique

92.1 - Cartographie des groupements végétaux

Les associations végétales décrites par le phytosociologue (Chapitre 1) peuvent faire l'objet d'une localisation sous forme de cartes ; très tôt de telles cartes ont été proposées. En raison de leur mode d'approche même, les phytosociologues font souvent porter leur attention sur les territoires où la végétation spontanée est dominante ; c'est le cas dans les régions forestières et dans les pays d'élevage. Le pastoraliste est donc surtout intéressé par les cartes correspondant à ces derniers. L'extension de telles cartes est très inégale ; en France, l'Ouest de la Provence, le Jura ont fait l'objet d'une cartographie presque systématique, ailleurs, les cartes sont plus rares ; En Yougoslavie, la Croatie est entièrement couverte ; la Belgique l'est aussi. Les cartes phytosociologiques sont rares en Afrique sub-saharienne, et très rares en Asie ou en Amérique où cette branche de la science a mal pénétré. Les documents proposés sont toujours accompagnés par de nombreux tableaux phytosociologiques montrant la composition floristique et le détail de la structure des unités représentées. On peut considérer que la Carte de la végétation de la Belgique éditée par l'I.R.S.I.A., et en particulier la "planchette" Henri-Chapelle, constitue un modèle des réalisations qui peuvent être obtenues par cette méthode, tant par ses qualités graphiques que par les nuances phytosociologiques et la précision cartographique atteintes.

92.2 - Carte des faciès de végétation

L'établissement ou la reconnaissance des associations est une tâche de professionnel à laquelle le pastoraliste moyen ne peut se livrer sans formation préalable, aussi lui est-il plus facile de procéder à une cartographie des **faciès de végétation**. Ils sont établis à partir d'un corpus de relevés quantitatifs (Chapitre II et III) soumis à une analyse factorielle des correspondances. L'examen du graphe des relevés permet de définir des ensembles de relevés proches les uns des autres ; ces ensembles permettent de caractériser les faciès. Pour en caractériser la flore, l'examen des cortèges floristiques des relevés réunis et surtout des espèces dominantes permet de mettre en évidence des dominances communes dans chaque ensemble ; on obtient ainsi un faciès à *Thymus vulgaris* ou un faciès à *Brachypodium pinnatum*.

92.3 - Cartographie du tapis végétal

A petite échelle, inférieure au 1/100 000, il n'est plus possible de cartographier les associations dans tous les pays présentant un peu de variété orotopographique parce que les unités à représenter seraient trop petites ; il faut figurer des unités plus élevées dans la hiérarchie phytosociologique : les alliances. C'est ce qui a été fait sur plusieurs cartes d'Europe centrale comme la carte phytosociologique de Tchécoslovaquie. On a vu dans le chapitre I que, pour le pastoraliste, le système des alliances peut constituer un référentiel

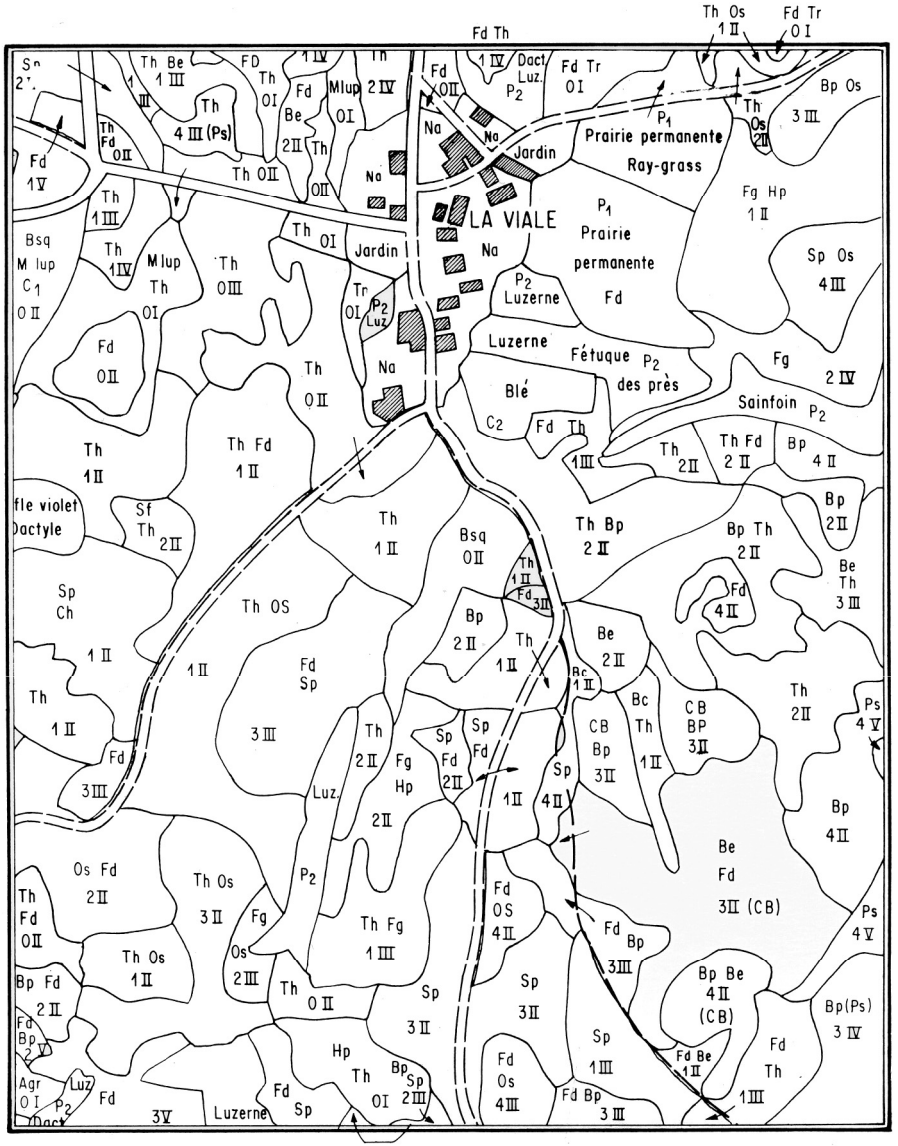


figure 9.5 - Exemple d'une cartographie des faciès de végétation précédents (extrait de Hubert, 1978)

efficace car les pâturages correspondent à des alliances particulières, les formations boisées à d'autres etc. Dans les pays où la variété orotopographique est faible, dans le sud de l'Algérie depuis les hauts plateaux jusqu'au Sahara, la Carte du tapis végétal porte sur les associations phytosociologiques des steppes et de la Badiah et en donne une représentation à la fois nuancée et précise qu'il est aisé de retrouver sur le terrain.

92.4 - Remarque générale

Un des principes de la phytosociologie appliquée est qu'il y a une correspondance étroite entre les associations, et surtout les sous-associations, et les potentialités de la végétation. Certaines d'entre elles sont peu productives mais susceptibles de permettre des produits de qualité, d'autres sont très productives tout en donnant un produit d'une qualité plus banale. Mais de telles notations, pour intéressantes qu'elles soient, ne présentent pas de caractère général ; il en résulte que des études spécifiques doivent accompagner les cartes phytosociologiques pour permettre au pastoraliste d'en tirer tout le fruit.

9.3 - Carte des groupes écologiques

93.1 - Principe

Un groupe écologique est un ensemble d'espèces indicatrices présentant la même réaction relativement à un ou plusieurs descripteurs écologiques efficaces. Les groupes écologiques sont déterminés par les techniques de l'Analyse écologique (qui sont détaillées dans des ouvrages spécialisés comme celui de Daget & Godron 1982); ils sont donc caractéristiques d'un ensemble de conditions de milieu liées entre elles. Dans un gradient écologique, les groupes écologiques sont disposés en écailles (figure IX.6). Cette disposition rend leur emploi sur le terrain très aisée. Il suffit de rechercher les limites de l'extension des espèces caractéristiques du groupe ; relativement à l'exemple précédent, il s'agira de la limite de *Molinia coerulea*, *Teucrium scorodonia* et de *Jasione montana*.

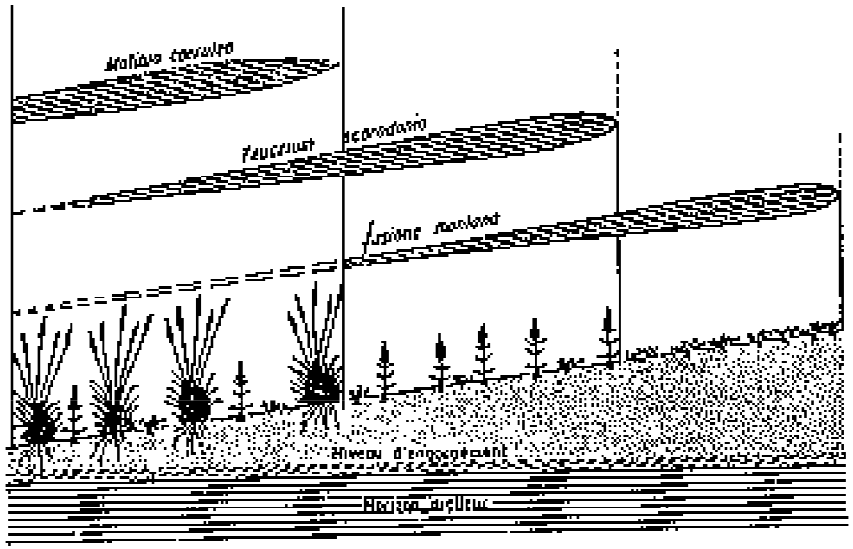


figure IX.6- Disposition des groupes écologiques en écailles (extrait de Godron, 1964)

93.2 - Application

Les groupes écologiques ont été utilisés pour la cartographie au 1/5 000 de 60000 hectares de Sologne au coeur de la France. Plusieurs coupures ont été publiées au 1/25000 par le C.N.R.S. Les groupes sont distribués en quatre grands ensembles :

- - le domaine **forestie**r, avec les groupements des forêts et des landes,
- - le domaine **pastora**l, avec les groupements des prairies,
- - le domaine **agricole**, avec les groupements des friches et cultures,
- - le domaine **aquatique**, avec les groupements des étangs et de leurs bordures

Sur le plan pastoral, seuls les groupements pastoraux et agricoles sont concernés. Pratiquement, sur une carte, ils sont représentés par les initiales des espèces-phare correspondantes , pour le domaine pastoral, la carte comporte les groupes suivants :

ir - *Iris pseudacorus*, caractéristique des sols marécageux

pt - *Achillea ptarmica*, caractéristique des sols asphyxiques

br - *Brunella vulgaris*, caractéristique des sols humides

ph - *Phleum pratense*, caractéristique des sols frais inondables

bh - *Brunella vulgaris*, avec des sols humides humifères

me - *Melandryum album*, caractéristique des sols frais

pa - *Potentilla argentea*, caractéristique des sols sains

ja-jc - *Jasione montana*, caractéristique des sols secs de plus en plus caillouteux

da - *Dactylis glomerata*, caractéristique des sols frais et riches

ho - *Holcus mollis*, caractéristique des sols frais et pauvres

pd - *Anthoxanthum odoratum*, caractéristique des sols sains

jp - *Jasione montana*, caractéristique des sols secs

et pour le domaine agricole :

ia - *Achillea ptarmica*, avec des sols asphyxiques argileux

lh - *Achillea ptarmica*, avec des sols asphyxiques humifères

bs - *Brunella vulgaris*, avec des sols humides sableux

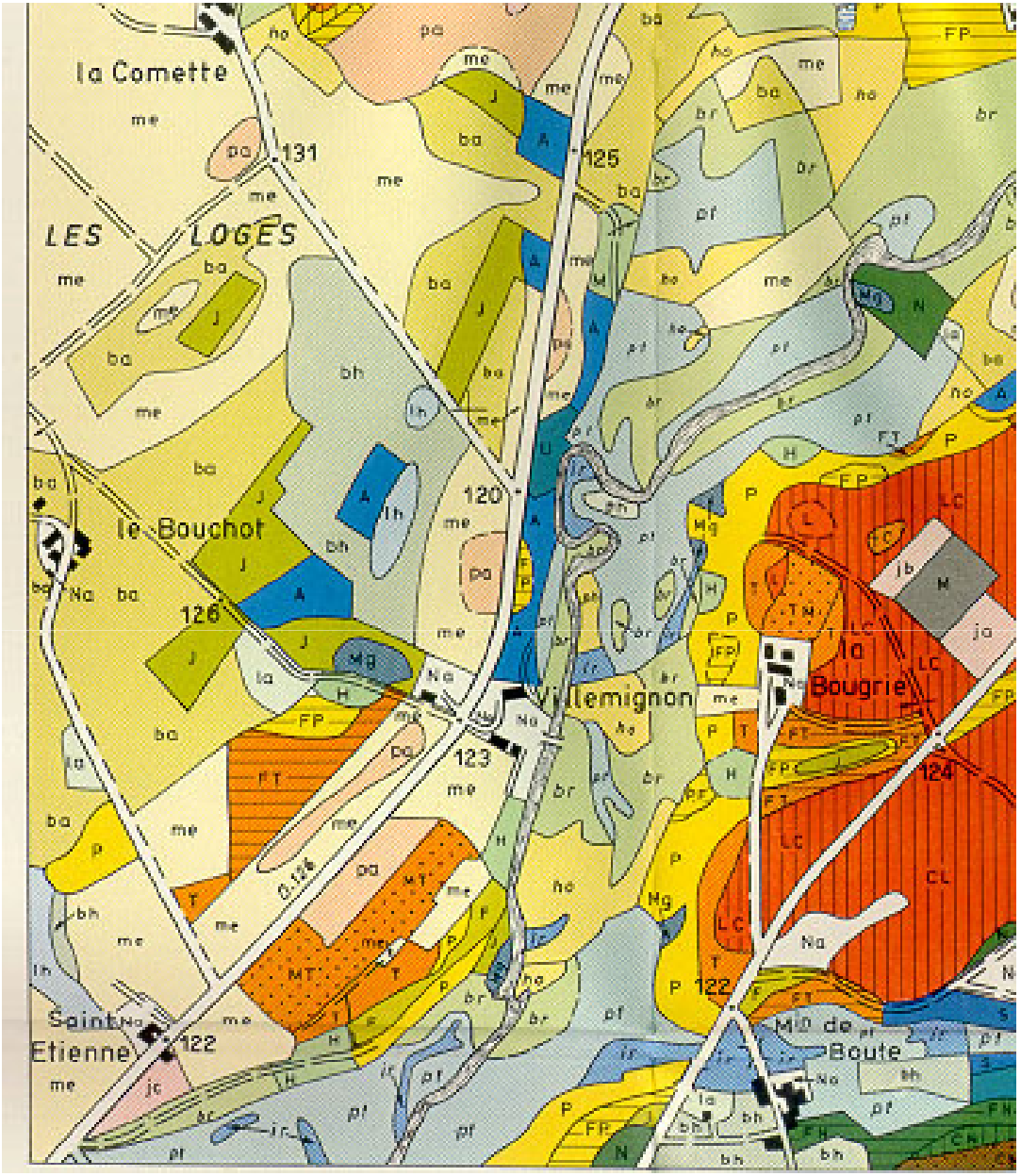
ba - *Brunella vulgaris*, avec des sols humides argileux

La figure 9. représente un extrait de la carte des groupes écologiques de Sologne établie à partir de ces principes. Une carte de ce type a été établie au 1/200 000 sur toute la Tunisie septentrionale.

93.3 - Commentaires

Comme les cartes phytosociologiques, les cartes des groupements végétaux et des groupes écologiques, quoique très intéressantes, ne sont pas directement utilisables pour le pastoralisme ; en effet, par l'intermédiaire de la flore, elles traduisent les conditions de milieu dont la flore en place est une des résultantes ; les potentialités pastorales, tant relative à la production actuelle qu'aux possibilités d'améliorations sont une autre conséquence de ces milieux. Elles peuvent être mises en évidences par des études complémentaires mais ne vont pas de soi. De telles études, relativement complexes à faire pour peu que le territoire concerné soit étendu, ont été réalisées dans le cas de la Tunisie septentrionale.

figure IX.6 - Extrait de la carte des groupes écologiques de Sologne (extrait de Godron *et al.*, 1964)



9.4 - Cartes pastorales

94.1 - La carte pastorale de l'Algérie

Cette carte utilise la carte de l'occupation des terres comme support. L'unité physionomique délimitée sur la carte, outre son appartenance à un faciès donné, est caractérisée par la densité ou recouvrement de la végétation. Ce paramètre quantitatif permet directement de distinguer les steppes selon leur état actuel de dégradation facilitant ainsi le passage à la carte pastorale proprement dite.

Cette dernière utilise les zonations et limites de la précédente. Chaque type d'unité a fait l'objet d'un échantillonnage et les mesures effectuées au sein de chaque relevé ont permis d'évaluer sa production actuelle, sa productivité et sa valeur pastorale. La productivité pastorale correspond à la quantité d'énergie produite par le tapis végétal par unité de surface et par unité de temps, elle a été exprimée en $UF.ha^{-1}.an^{-1}$; sa détermination a suivi les étapes suivantes :

1. évaluation de la **phytomasse aérienne**, le plus souvent par des mesures directes après coupe
2. évaluation pour chaque station de la **productivité primaire** à partir d'observations faites dans plusieurs stations expérimentales de référence en $kgMS.ha^{-1}.an^{-1}$.

3. détermination de la **valeur énergétique** des espèces ou groupes d'espèces,

4. passage de la production pondérale à la **productivité pastorale**.

Sur la carte pastorale cette productivité est exprimée en classes de charges animales :

CLASSE	Charge en ha par mouton	Productivité en UF
I	1 à 2	160 à 270
II	2 à 3	110 à 200
III	3 à 5	80 à 130
IV	4 à 7	60 à 100
V	6 à 12	30 à 70

Il apparaît que si les cartes s'étaient prolongée plus au sud, des classes VI et VII auraient pu être envisagées.

Indépendamment de l'observation précédente, les mesures effectuées ont permi de calculer la valeur pastorale de chaque relevé et donc de connaître la valeur moyenne et la variabilité de chacune des 52 unités d'occupation des terres.

Les espèces signalées sur le plan physionomique sont souvent des plantes vivaces et de grande taille, or ces espèces n'ont pas forcément une contribution importante. Ainsi, dans l'unité référencée 320 b le *Lygeum spartum* est retenu comme caractéristique, mais 66% de la production pastorale est due à des espèces annuelles et de petites vivaces d'où la nécessité de définir des types pastoraux ce qui a été fait à partir de la contribution des catégories pastorales :

- **Catégorie P1** espèces vivaces dont l'indice bromatologique est inférieur à 5
- **Catégorie P2** espèces vivaces dont l'indice bromatologique est supérieur à 5
- **Catégorie A** espèces annuelles, éphèmères et petites vivaces

Cette dernière catégorie permet d'exprimer la variabilité de la production au cours de l'année puisqu'elle n'apparaît qu'au cours de la saison la plus favorable. Les catégories définies sont classées par **dominance** ce qui permet de ranger le relevé ou le faciès dans les catégories pastorales selon le tableau de la page suivante. Les meilleurs parcours appartiennent aux types 6 puis 3, qui présentent un saisonnement moyen lié à une production annuelle assez importante ; ce sont les parcours les plus utilisés par les éleveurs. Viennent ensuite les types 4 puis 5 où la première catégorie est constitué de vivace de bonne qualité mais où la production des annuelles est faible. Les types 1 et 2 sont les plus mauvais car les espèces annuelles y sont rares et les pérennes de mauvaise qualité. Le type 7 n'est utilisable qu'en été. La figure IX.7 donne un extrait de cette carte.

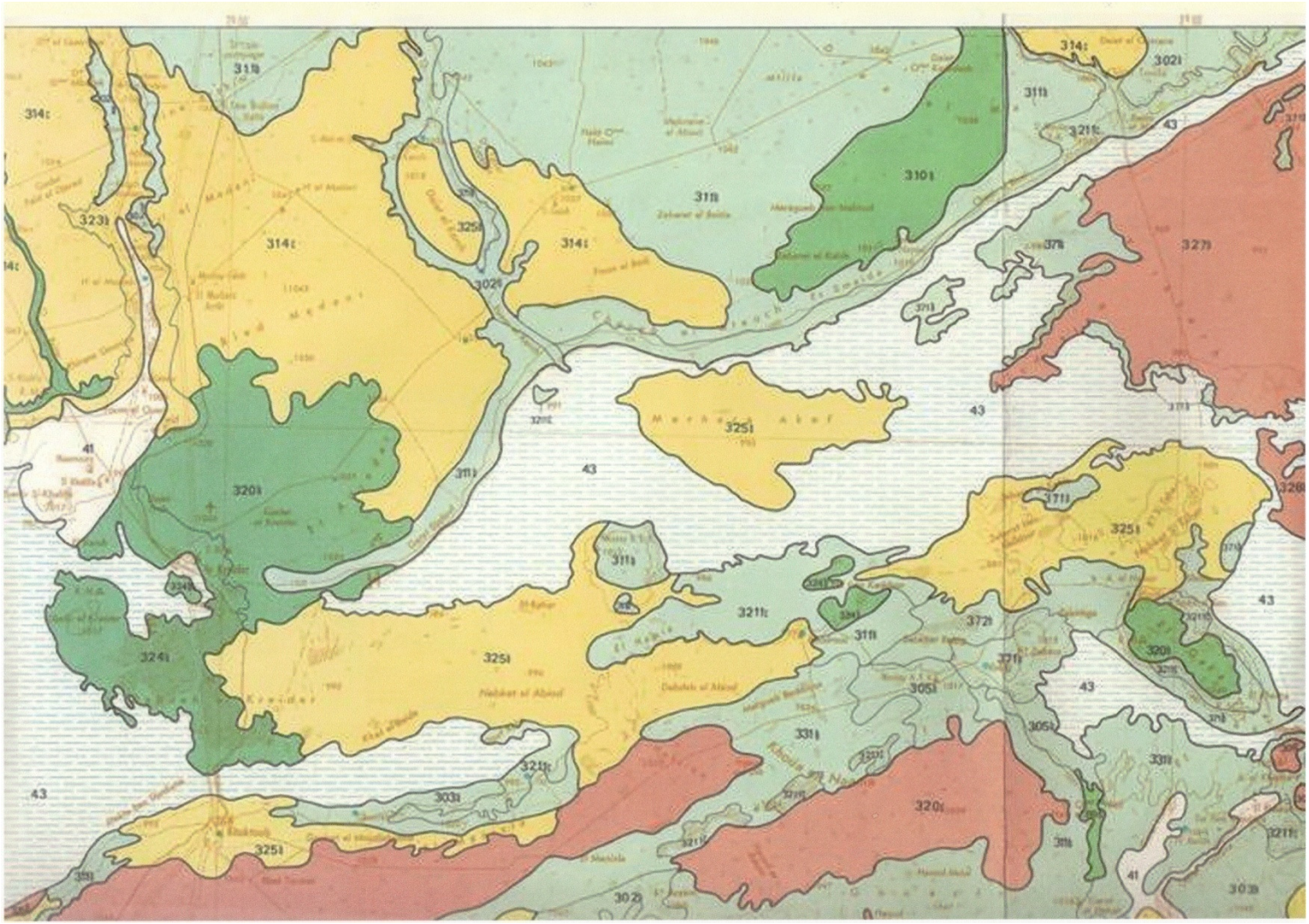


figure IX.7 - Extrait de la carte pastorale de l'Algérie
(extrait de Aidoud et al., 1981)

Tableau IX.4 - Classes structurelles de parcours utilisées pour cartographier les hautes steppes algériennes

		Première catégorie dominante		
		P1	P2	A
Seconde catégorie dominante	P1	1	4	7
	P2	2	5	
	A	3	6	

94.2 – Les cartes pastorales de l'Emvt

Le département d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux du Cirad a publié de très nombreuses études pastorales sur les pays d'Afrique sub-saharienne. Pour la plupart ces études comportent une partie cartographique importante donnant une représentation spatiale des divers types de pâturages disponibles dans la région étudiée. Ainsi, dans la région de Kanem, située au Nord-Est de N'Djamena (Tchad), les unités suivantes sont distinguées :

PATURAGES DE SAISON DES PLUIES

- Dunes heurtées et serrées, steppe à *Panicum turgidum* et *Aristida pallida* **DhN**
- Dunes heurtées et serrées, steppe à *Panicum turgidum* **DhN'**
- Placages sableux à *Aristida funiculata* **PsSsh**

PATURAGES DE SAISON SECHE

- Plateaux sableux à *Aristida funiculata* et *Cyperus conglomeratus* **PsSs3**
- Dépressions interdunaires inondables à *Schoenefeldia gracilis* **PsSs3'**
- Plateaux sableux à *Aristida funiculata* et *Cymbopogon proximus* **PsSs7**
- Plateaux arbustifs à *Acacia senegal* avec taches *d'Hyparrhenia dissoluta* **PsSs9**
- Plateaux arbustifs à *Acacia senegal* **PsSs8**
- etc.

Pour chaque unités, la notice indique avec détails les caractéristiques du milieu, les potentialités du pâturage et ses contraintes.

Un autre exemple plus proche de la carte du tapis végétal est la carte des ensembles pastoraux du Sénégal donne plus de 50 groupements végétaux d'une façon structurée :

FORMATIONS SUR SOL SABLEUX

Sur dunes continentales

Groupements à *Combretum glutinosum* et *Tephrosia purpurea*

Parcours à *Guiera senegalensis* et *Aristida stipoides* **D1a**

Parcours à *Balanites aegyptica* et *Schoenefeldia gracilis* **D1b**

Parcours à *Acacia raddiana* et *Aristida stipoides* **D3**

Groupements à *Balanites aegyptica* et *Acacia raddiana*

…..

Sur dunes prélittorales

Parcours à *Acacia nilotica* et *Indigofera diphylla* **D5**

…

et indique, pour chacun d'entre eux s'ils sont exploitables toute l'année ou seulement en saison sèche, pour les premiers, s'ils sont très bons, bon ou moyens en saison des pluies et dans chacune de ces sous classes, s'ils sont moyens, passables ou médiocres en saison sèche. Le détail de la notice apporte de nombreux compléments sur la gestion possible de ces unités.

94.3 - La carte pastorale du Borkou, de l'Ennedi et du Tibesti

943.1 - Pré interprétation

Une pré interprétation des images LANDSAT a été effectuée de façon visuelle (interprétation analogique) à partir de clichés colorés au 1/500 000. Sur la base de

différences de teinte, de texture et de structure de l'image, des unités morpho-litho-pédologiques ont été délimitées. Ces préliminaires ont porté sur une quinzaine de scènes, soit une superficie de 300 000 km2.

943.2 - Inventaires de terrain

Un inventaire de terrain et un survol par itinéraire d'une grande partie de la zone cartographiée a permis d'établir "**la vérité terrain**". En définitive, 52 unités physiographiques ont été distinguées en fonction des caractéristique géographiques, morphologiques, litho-pédologiques et du couvert végétal. Ces unités sont ensuite regroupées en 12 unités principales rattachées à des types de paysage.

943.3 - Potentialités et caractéristique pastorales

Les caractéristiques pastorales se rapportent d'abord à la structure des formations végétales, mais selon un système particulier adapté aux caractères de ces régions pratiquement désertiques pour la majeure partie du territoire. Elle tient compte successivement :

1. de la végétation ligneuse, qui peut être rare ou clairsemée, claire ou peu dense
2. de la végétation herbacée pérenne
3. de la végétation herbacée annuelle

LR : Ligneux rares (moins d'un arbre à l'hectare)

1. Aucun ligneux
2. Très rares (1 arbre tous les km, ou moins)
3. Rares (1 arbre tous les 0.5 à 1 km)
4. Très clairsemé (1 arbre tous les 250 à 500 m)
5. Clairsemé (1 arbre tous les 100 à 250 m)

LC : ligneux clairs

1. moins de 1% (de 1 à 3 arbres à l'hectare)
2. de 1 à 5% (de 3 à 10 arbres à l'hectare)
3. de 5 à 12.5% (de 10 à 50 arbres à l'hectare)
4. de 12.5 à 25% (de 50 à 200 arbres)
5. de 25 à 50 % (de 200 à 500 arbres)

LD : ligneux denses

1. moins de 25%

2. de 25 à 50%

3. de 50 à 75%

4. de 75 à 90%

5. plus de 90% (peuplements stratifiés)

Hp :Herbacées perennes

Ha : herbacées annuelles

Cette notation est commode mais n'est pas sans inconvénients. Tout d'abord, elle présente une contradiction interne dans la transition entre les dernières classes de ligneux clairs et les premières des ligneux denses. La cohérence ne se retrouverait qu'en supprimant les deux premières classes des ligneux denses. Par ailleurs, les trois premières classes correspondent aux formations ligneuses très claires de la figure 1.1. Enfin, la notation en nombre d'arbres par hectare n'est pas sans inconvénients. En effet, 10 arbres à l'hectare (classe LC3) correspondent à un recouvrement global de 3 pour mille si leur rayon est de 1 mètre, il monte à 3 pour cent avec un rayon de 3 mètres et atteint 10 pour cent si le rayon ets de 6 mètre. Il est donc délicat de passe des dénombrements aux recouvrements (et même aux abondances-dominances) ; il semble donc préférable d'en rester aux recouvrements sauf dans le cas des valeurs inférieures à 1 pour cent.

Tableau IX.5 - Classe de parcours utilisées pour cartographier le nord du Tchad

Code	Couvert en %	VP	ha par UBT
0	0	< 0,05	> 500
1	-0,5	0,05 - 0,25	500 - 100
2	0,5 - 1,0	0,25 - 0,50	100 - 50
3	1,0 - 5,0	0,50 - 2,50	50 - 10
4	5,0 - 12,5	2,50 - 6,25	10 - 4
5	12,5 - 25,0	6,25 - 12,50	4 - 2
6	25,0 - 50,0	12,50 - 25,00	2 - 1
7	50,0 - 75,0	25,00 - 37,50	1 - 0,7
8	75,0 - 90,0	37,50 - 45,00	0,7 - 0,55
9	> 90	45,00 - 50,00	< 0,55

943.4 - Classes de potentialités

A partir d'une interprétation en termes "d'activité biologique du substrat" des 52 unités morpho-litho-pédologiques, neuf classes de potentialités ont été définies. Des potentialités pastorales optimales exprimées en terme d'unités fourragères (UF) transformées par hectare ont été estimées par classe de potentialités Agro-Sylvo-Pastorale

Mais, compte tenu des variabilités pluviométriques intra et interannuelles dans ces régions, le nombre d'unités fourragères (UF) par hectare disponibles sur une année moyenne sont plus faibles environ de moitié ; ce sont ces dernières valeurs qui doivent être prises comme base de référence pour effectuer les calculs de **ressources pastorales** et de **capacité de charge**.

1 - Classe de potentialités A.S.P. **valeur NULLE**

- correspondant à une végétation ligneuse haute (arbres) nulle à très rare avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne nul à très faible (< 0,5%) et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles inférieur à 1%

- la productivité peut être estimée à moins de 10 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 300 hectares par UBT et par an

2 - Classe de potentialités A.S.P. **valeur TRES FAIBLE**

- végétation ligneuse haute (arbres) très rare à très clairsemée avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne très faible (inférieur à 1%) et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant atteindre 5%

- la productivité peut être estimée à moins de 20 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 150 hectares par UBT et par an

3 - Classe de potentialité A.S.P. **valeur FAIBLE**

- végétation ligneuse haute (arbres) rare à clairsemée avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne très faible (inférieur à 1%) et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant atteindre 12,5%

- la productivité peut être estimée à moins de 50 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 60 hectares par UBT et par an

4 - Classe de potentialité A.S.P. **Valeur ASSEZ FAIBLE**

- végétation ligneuse haute très claire avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne faible (> 5%) et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant atteindre 12,5%

- la productivité peut être estimée à moins de 100 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 30 hectares par UBT et par an

5° Classe de potentialité A.S.P. **valeur MEDIOCRE**

- végétation ligneuse haute avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne faible de 1 à 5% et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant atteindre 12,5%

- la productivité peut être estimée à moins de 200 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 15 hectares par UBT et par an

6° Classe de potentialité A.S.P. **valeur MOYENNE**

- végétation ligneuse haute avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne qui peut aller jusqu'à 12,5% et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant atteindre 25%

- la productivité peut être estimée à moins de 300 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 10 hectares par UBT et par an

7° Classe de potentialités A.S.P. **valeur plutôt BONNE**

- végétation ligneuse haute avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne qui peut

aller jusqu'à 12,5% et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant atteindre 50%

- la productivité peut être estimée à moins de 600 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 5 hectares par UBT et par an

8° Classe de potentialités A.S.P. **valeur ASSEZ FORTE**

- végétation ligneuse haute avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne qui peut aller jusqu'à 25%, et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant atteindre 75%

- la productivité peut être estimée à moins de 1 500 unités fourragères transformées par hectare

- il faut prévoir 2 hectares par UBT et par an

9° Classe de potentialité A.S.P. **valeur FORTE**

- végétation ligneuse haute avec un recouvrement de végétation herbacée pérenne qui peut aller jusqu'à 25% et, les bonnes années pluvieuses, avec un recouvrement d'herbacées annuelles pouvant aller jusqu'à 90%

la productivité peut être estimée jusqu'à 3 000 unités fourragères transformées par hectare

•- il faut prévoir 0,15 hectares par UBT et par an

9.5 - Carte de la production pastorale

Les diverses propositions de carte de la production pastorale supposent souvent le préalable d'une **zonation phytologique** qui peut être une des formes précédentes : carte de l'occupation des terres ou carte phytosociologique. Le problème est alors de renseigner les zones par des indications du la biomasse sur pied exprimée, le plus souvent en $gMS.m^{-2}$ ou en $kgMS.ha^{-1}$.

Il apparaît donc un problème d'échantillonnage. Le plus souvent, un système d'estimation est mis au point par comparaison entre la structure en place et un certain nombre de coupes (Chapitre III). Il a été mis en évidence que la variabilité des mesures effectuées était plus faible dans les formations dont le recouvrement global est élevé que lorsqu'il est faible et qu'il fallait disposer en moyenne de 30 mesures par unité de végétation portant sur $1m^2$. La précision maximale est obtenue lorsque ces placeaux sont alignés en transects.

Les chercheurs de l'université d'Alger ont ainsi interprété leurs cartes de végétation en leur adjoignant des cartons portant sur la biomasse sur pied (figure 9.9) et la valeur pastorale de cette biomasse (figure 9.10) . Il en déduisent des types de potentialité pastorale (figure 9.11).

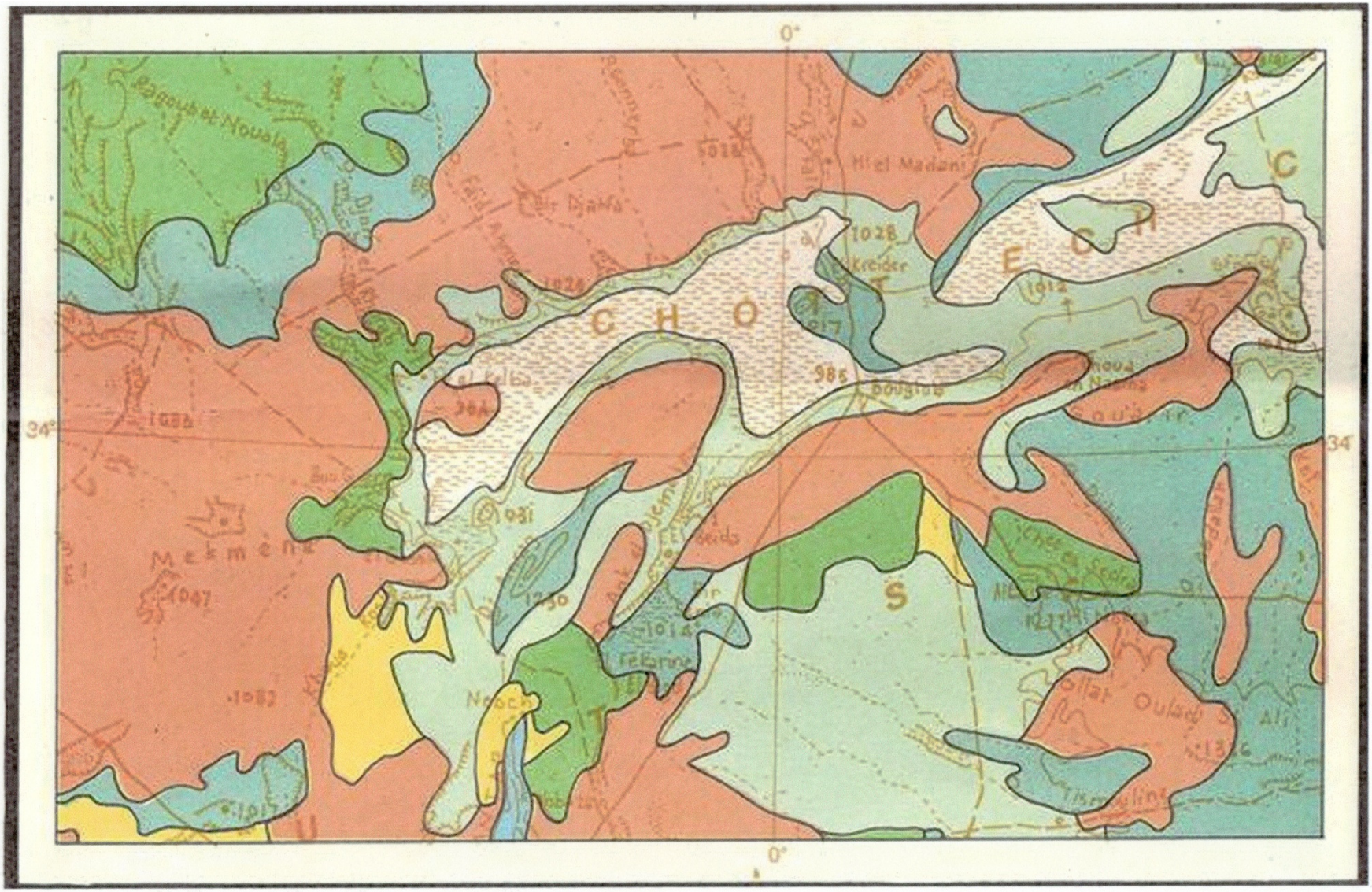


Figure IX.8- Carte des biomasses sur pied de la région du Chott esh cheri en Algérie (Aidoud et al. 1981)

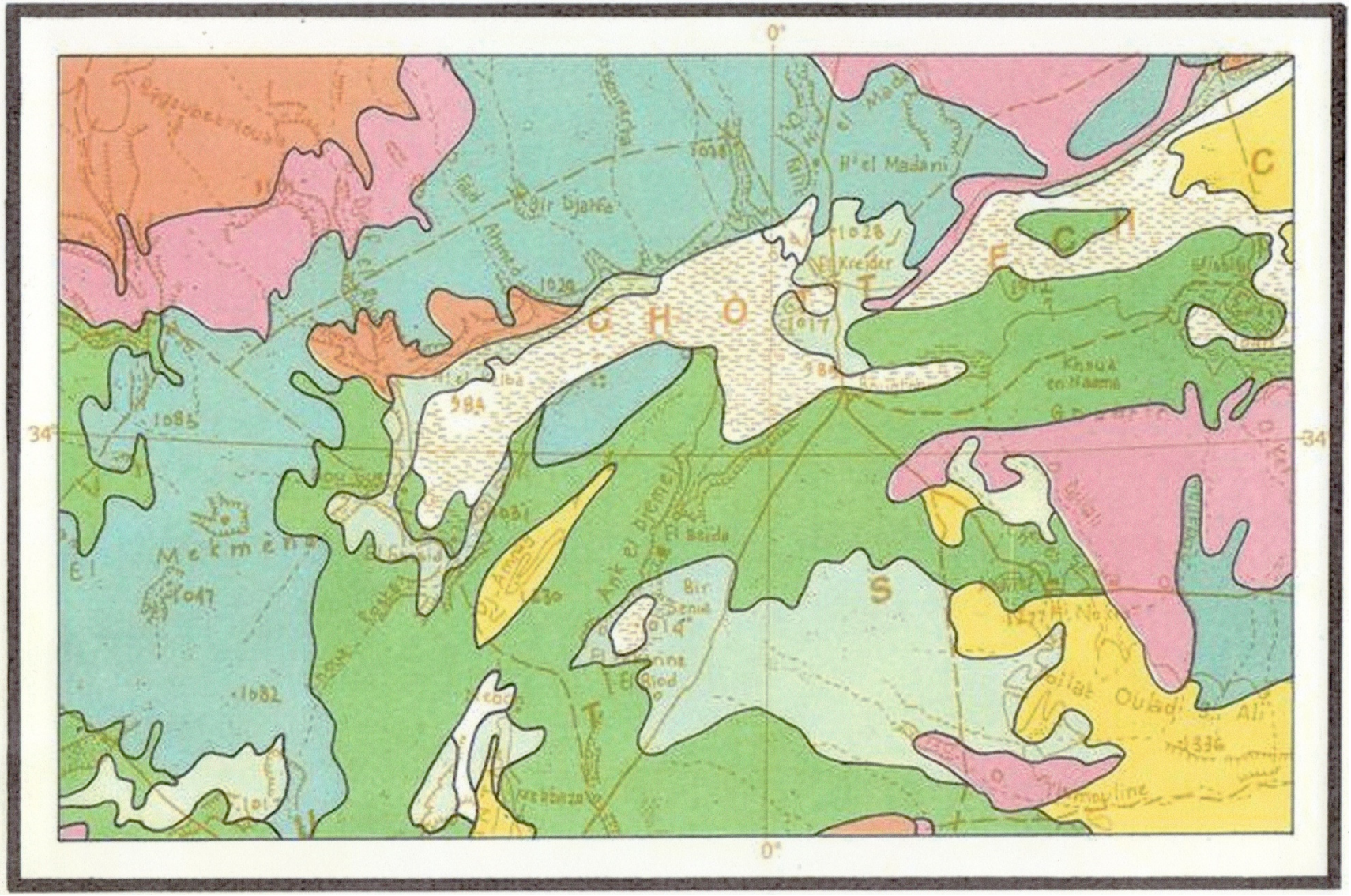


Figure IX.9- Carte des Valeurs pastorales de la région du Chott esh cheri en Algérie (Aidoud et al. 1981)

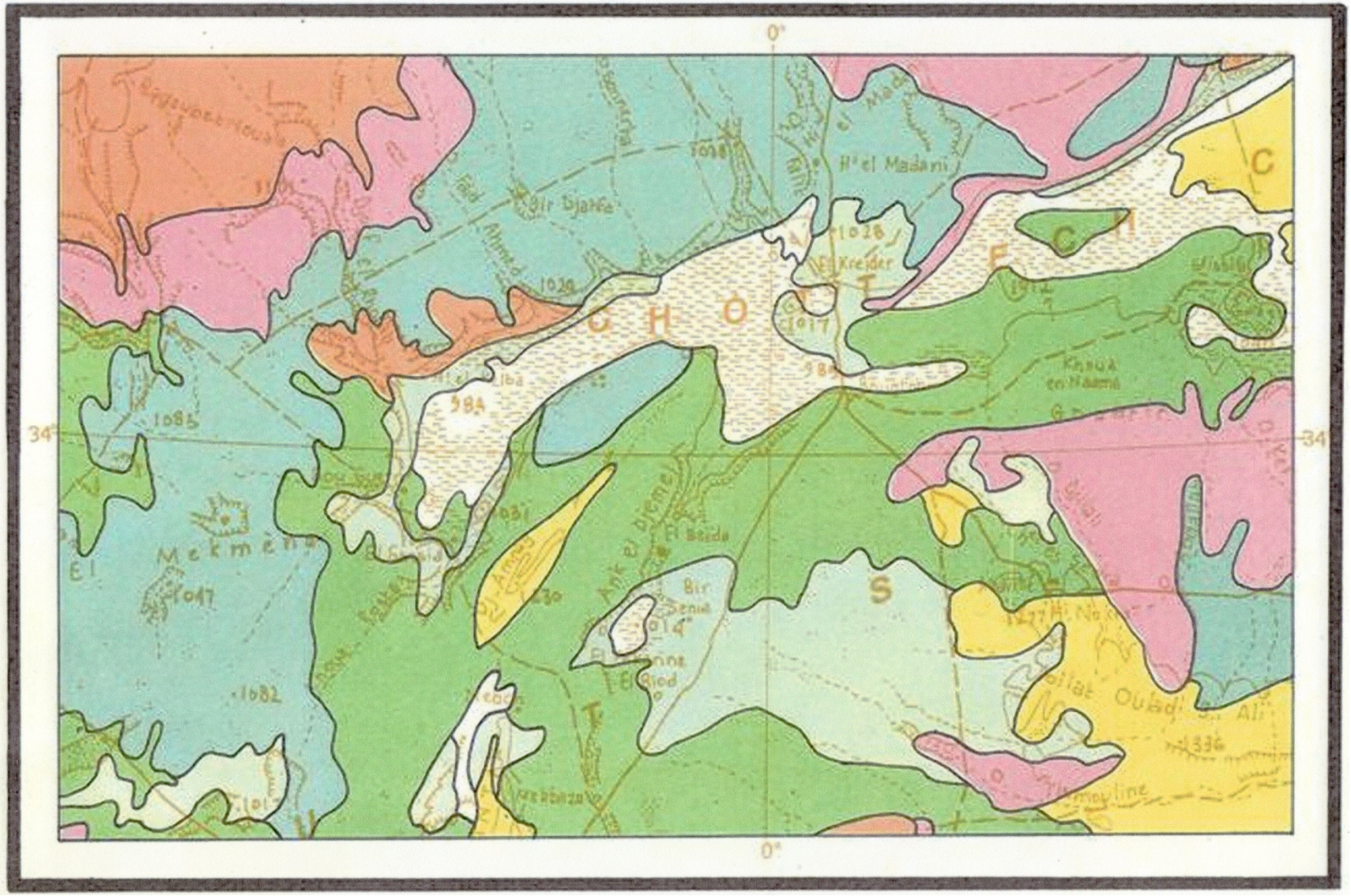


Figure IX.10- Carte des types pastoraux de la région du Chott esh cheri en Algérie (Aidoud *et al.* 1981)

Dans les régions arides, la confrontation des cartes de production pastorale avec les zonations qui ont servi à les établir montre que plusieurs unités de végétation très différentes peuvent se retrouver dans la même classe de production et que des unités

très voisines peuvent être dans des classes de production nettement différentes ; ces divergences sont liées à l'importance du rôle du recouvrement qui prédomine sur celui de la composition floristique.

L'interprétation des données fournies par les satellites, ("satellitaires"), et en particulier la comparaison des images données par différents canaux permettent de dresser directement des cartes de la quantité de végétation verte sur pied par unité de surface ; d'abord sous forme d'indice de végétation ayant une valeur relative, puis sous forme de biomasse.

De telles cartes donnent des informations précieuses sur la biomasse disponible sur un territoire et qui sur celle qui peut être prélevée par le pâturage ; mais elle ne donne qu'une image instantanée à un moment donné, et, en ce qui concerne les dernières, les observations ne sont possibles qu'en l'absence de nuage...

Les pays du Sahel ont une économie très orientée sur l'agriculture ; ainsi, au Tchad, sur 4 500 000 d'habitants, 3 850 000 sont dans le secteur rural parmi lesquels les éleveurs dégagent 16% du produit intérieur brut et 30% des exportations. C'est dire l'importance de l'élevage dans ces pays. Plus même, dans les régions concernées, le bétail est tout, c'est l'unique raison de vivre. Aussi n'est-il pas étonnant de voir que ces pays sont les seuls à s'être dotés d‘Atlas Spécialisés

9.6 - Cartes des Atlas pastoraux

Ces ouvrages abordent d'abord les problèmes du cadre de l'élevage par diverses cartes climatiques, hydrologiques, géologiques et botaniques avant d'aborder l'agro-pastoralisme à proprement parler par des cartes des types de pâturage caractérisés par les principaux linéaments de leur végétation et par leur production potentielle, sur les diverses races animales concernées, les modes de gestion des troupeaux, les modalités de la transhumance effectuée et enfin par des cartes sur l'hygiène en décrivant la répartition des tiques, des glossines (mouches tsétsé) et des helminthes. A côté des cartes, figurent des textes explicatifs et des tableaux synthétiques, portant en particulier sur la composition minérale des fourrages, qui font de ces ouvrages des documents de synthèse indispensables à la gestion pastorale dans les pays concernés.

9.7 - Cartes évolutives

Les cartes de la production pastorale sont faciles à établir, dans la mesure où le pastoraliste sur le terrain dispose d'un étalonnage sérieux ; la carte peut donc être levée plusieurs fois pour traduire le caractère évolutif de la biomasse disponible sur pied pour le bétail, tant d'une saison à l'autre que d'une année à l'autre.

Une comparaison peut aussi être faite entre des cartes de l'occupation des terres établies à des dates différentes par les matrices de transition. Ce sont des tableaux comportant sous forme très condensée l'ensemble des changements qui ont eu lieu entre les deux dates de référence en donnant pour chaque type de l'année initiale la proportion des types observés l'année finale (tableau IX.6)

On lit dans la matrice du tableau IX.6 qu'il y avait 2,07 hectares de terres nues en 1957 et seulement 1,6 et 1987 ; sur ces 2,07 hectares 75% sont restés en terres nues et 25% sot devenus des formations herbacées. En supposant ces proportions constantes, il est possible de se faire une image de ce que sera le territoire x années après l'année finale ou de ce qu'il était x années entre les années initiales et finales.

Des matrices plus complexes et pluridimensionnelles peuvent être construite pour matérialiser les divers changements d'état : type de formation végétale, nature des espèces dominantes, biomasse sur pied, charge potentielle etc. ainsi que les divers paramètres mésologiques ou culturaux : types d'exploitation, types de fumure ou de fertilisation etc. On parle alors de **tenseurs d'aménagement**. La mise en oeuvre de ces tenseurs permet de suivre, puis de prédire, le devenir, par exemple de la charge potentielle, avec l'évolution du prix de vente des engrais et d'achat du lait. Leur établissement est relativement complexe et l'utilisation délicate ; elles ne peuvent être développées dans un ouvrage tel que celui-ci ; le pastoraliste intéressé devra se reporter à des travaux spécialisés.

Les données provenant des satellites traduisent un état de réflexion du spectre radiatif à un moment donné et permettent de dresser un état de la surface de la terre "vue" par le satellite au moment de son passage ; il est donc possible de suivre des phénophases au cours de l'année, mais aussi, puisque des satellites travaillent depuis maintenant près de 20 ans, de suivre l'évolution dans le temps des unités de végétation et des paysages. Ainsi en Haute-Volta, dans l'Oudalan, les différences suivantes ont été observées entre 1973 et 1979 (Tableau IX.7).

Tableau IX.6 -Matrice de transition des unités d'occupation des terres d'un secteur des Cévennes (France)

Etat initial 1957	Etat final 1987					
	terre nue 1,6	LH denses 3,9	LH clairs 5,2	Herbacé 40,1	LH-LB 5,0	Lb-Herb. 8,0
terre nue 2.07	750	0	0	250	0	0
LH denses 1.81	0	1000	0	0	0	0
LH clairs 2.59	0	700	0	100	0	200
herbacés 41.65	0	6	37	944	12	0
LH herb. 3.88	0	0	933	0	0	67

Cette évolution se traduit par une raréfaction des arbres et des steppes denses au profit des steppes claires, ainsi qu'une diminution sensible des sols nus parallèle à une augmentation des rochers (érosion sensible) et des pâturages verts et du bords des mares bien que les pluies aient été plus faibles ; cela semble indiquer que l'érosion et la dégradation des steppes favorise le ruissellement.

9.8 - Pour une exploitation des cartes pastorales

98.1 - Cartes de végétation

Nous avons insisté, au cours du second chapitre, sur l'insistance marquée par Pound et Clements sur l'insuffisance de la physionomie de la végétation, même complétées par une liste des espèces dominantes, pour caractériser la valeur des pâturages. La carte de l'occupation des terres présente le même défaut ; elle décrit l'aspect extérieur des pâturages mais pas leur fonctionnement, même s'il y a une certaine relation moyenne entre ces deux aspects, la structure n'est pas la production. Un 210.Y4, qui est un pâturage piqué de *Pinus sylvestris* n'a pas la même valeur selon la composition de la pelouse qui peut par ailleurs être le plus souvent dominée par *Festuca rubra*. La phytosociologie peut aider à lever l'obstacle; en effet, que la pelouse puisse être rattachée au *Festuceto-cynosuretum* ou au *Mesobrometum* n'a pas la même signification, la première étant peu productive et caractéristique des sols acides, la seconde productive sur sols calcaires. Toutefois, dans la même association, la composition quantitative du gazon paut être très sensiblement différente d'un pâturage à l'autre ; en effet, l'association est établie sur des critères uniquement floristiques en présence-absence. Il en résulte que deux stations relevant de la même sous-association (tableau IX.7) peuvent très bien présenter des structures et donc des valeurs pastorales très différentes.

Tableau 9.7 -Evolution de l'occupation des terres dans l'Oudalan au Burkina Faso
(d'après Courel, 1984)

Années	**1973**	**1976**
Arbres	2,20	1,00
Steppe arbustive dense	7,20	5,40
Steppe arbustive claire	25,00	29,00
Sols dénudés	48,00	49,80
Sols nus	12,30	3,50
Rochers apparents	3,00	6,00
Eau	0,40	0,30
Pâturages verts	0,16	0,38
Bords des mares	1,00	4,26

Par conséquent, l'établissement de cartes de l'occupation des terre ou de cartes phyto-sociologiques peut servir de cadre à une étude quantitative plus fine de la valeur des gazons et de leur productivité ; elle ne saurait en dispenser. Naturellement, cette conclusion est indépendante de la manière dont ces cartes ont été établies, directement sur le terrain ou par photo-interprétation.

98.2 - Cartes de production

Les cartes de production donnent, en dernière analyse, une quantité de matière végétale par unité de surface. Comme les précédentes, de telles cartes ne peuvent être interprêtées seules ; une lande de Calluna vulgaris présentera une production sur pied plus élevée qu'une prairie de Trifolium repens mais aura une valeur considérablement moindre. L'éleveur local le sait. Le pastoraliste doit le dire, si non l'éleveur ne le prendra pas au sérieux et le pastoralisme perdra tout crédit à ses yeux, et le planificateur pourra de son bureau tirer des conclusions et imposer des solutions parfaitement inadaptées aux conditions locales.

98.3 - Cartes de valeur pastorale et de potentialités pastorales

Les cartes de valeur pastorale et les cartes de potentialités pastorales n'ont pas ces inconvénients. Elles montrent, directement ou non, la taille des troupeaux que les unités territoriales cartographiées peuvent supporter et nourrir, que ce soit en pâturage exclusif, ou supplémenté à la ferme.

9.9 - Appréciation de la valeur régionale

On a vu au cours des chapitres 6 et 7 que la valeur des pâturages, qui ne peut être calculée directement que sur des observations floristiques quantitatives stationnelles, pouvaient être généralisées à des unités territoriales diversifiées. Ces généralisations supposent toujours un cartographie, de manière à ce que les surfaces respectives des diverses unités puissent être calculées.

Il s'agit donc d'un problème de planimétrie. Malgré la sophistication de certains des planimètres présents sur le marché, l'expérience montre que la méthode la plus fiable est celle des points. Une grille tracée sur papier transparent (il y en a d'excellente dans le commerce, à commencer par le calque millimétré) est superposée à la carte qui doit être analysée et on compte le nombre de croisé de fils correspondant à chaque unité ; selon l'échelle de la carte, on prend des espacements entre fils de 5 mm ou de 1 cm, parfois de 2 cm si la feuille est très grande ; l'essentiel est que l'inventaire porte sur l'observation de 1000 points. L'examen de l'échelle de la carte permet de savoir à quelle surface correspond un point. Ces pointages effectués, tous les calculs de surface, de proportion, de moyennes pondérées sont possibles. Lorsque le même territoire est carté à plusieurs dates, on prendra soin de localiser les grilles de telle manière que les croisées se placent aux mêmes endroits, alors les méthodes dynamique des matrices de transition et des tenseurs deviennent utilisables.

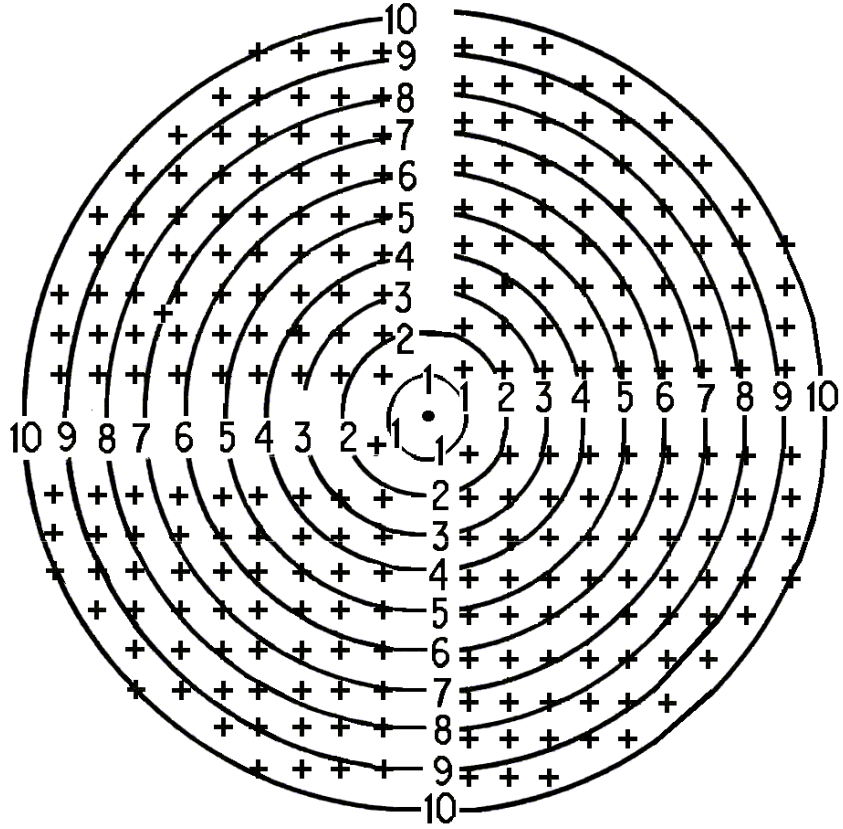


Figure IX.11 - Le "grazing area calculator" (extrait de Torlach, 1986)

En Australie, on utilise un "grazing area calculator" pour analyser la valeur des parcours autour d'un point particulier. Il s'agit d'un ensemble de cercles concentriques à 1, 2, 3, 4, ... kilomètres du centre tracés sur un réseau carré de croix espacées de 1 kilomètre (figure IX.1). Le centre du "calculator" est placé sur l'image du point de référence : ferme, puit... Par transparence, on compte dans chaque anneau, frontière extérieure comprise, le nombre de croix correspondant à chacune des unités cartographiques. Cette planimétrie simplifiée (parce qu'elle porte sur peu de points) mais hiérarchisée en fonction de la distance, constitue un type d'analyse très intéressant pour caractériser le petit nomadisme ou les modes d'élevage correspondant à des sorties journalières avec rentrées au bercail chaque soir (figure VIII24).

Chapitre 10

Enquête pastorale

Liste des paragraphes

- 10.1 Introduction ……..10.4
- 10.2 Objectif de l'enquête pastorale ……10.10
- 10.3 Réalisation de l'enquête pastorale …...10.15
- 10.4 Et quand il n'y a pas de pasteur ? ……10.30
- 10.5 Conclusion de ce chapitre ……10.34

10.1 - Introduction

On a parfois reproché aux travaux écologiques des pastoralistes et des agrostologues de n'être que floristiques et de négliger le cadre général dans lequel se situaient l'objet de leurs travaux. Il a été jugé nécessaire de "compléter" cette approche dite «classique» par une analyse des «pratiques» considérée comme novatrice. Ces objections et ces perspectives de «modernisation» procèdent d'une mauvaise compréhension des études pastorales complètes, au moins telles qu'elles devraient être.

Les études de la flore et de la végétation, si elles doivent rester au cœur d'une vision intégrée du pastoralisme, ne sont pas, et ne doivent pas rester isolées.

Elles ne peuvent prendre leur pleine signification qu'encadrées par une enquête d'une autre nature portant sur le pasteur et ses problèmes, sur l'artificialisation du milieu, ses modalités et ses motivations. C'est l'objet de l'enquête pastorale qui doit s'ajouter à l'enquête phytoécologique pour permettre une compréhension synthétique et dynamique du fonctionnement des pâturages étudiés.

Der Katchadourian souligne, dans l'introduction de son traité de gestion des prairies, que les principes et les règles de conduite des prairies qu'il va développer sont "le fruit de longues années de voyages, de contacts avec des chercheurs ou des praticiens et d'observations sur le bien fondé d'anciennes et heureuses pratiques des meilleurs de ces derniers." Il se propose, ajoute-t-il, de montrer comment une «saine gestion» de la végétation peut, sans investissement excessifs, augmenter les revenus des éleveurs. Enfin, il soulignait que les principes fondamentaux de cette conduite avaient été dégagés bien avant lui dans les travaux de l'abbé **Rozier** en 1786 et du **comte de Gasparin** en 1854... Présentant le complexe biotique que constitue la prairie **Davis,** le grand pastoraliste anglais, souligne avant toute autre remarque :

If man and his grazing animals were to be excluded completely from the grasslands of the world, those grasslands revert to some form of forest or schrub.

Bien entendu, il est possible de discuter sur le devenir des steppes, et les phytogéographes le font activement, mais en dehors des déserts, cette remarque traduit un dynamisme plus ou moins rapide et surtout une instabilité du système observé.

Figure X.1 – L'abbé Rozier, célèbre agronome du XVIII°

Un pâturage est un écosystème ; on y distingue le biotope constitué par son cadre matériel, essentiellement le climat local et le sol, et le biome qui comporte tous les êtres vivant, au moins en partie, de ce biotope. Dans tout écosystème l'homme, ici le praticulteur ou le berger, est un élément fondamental, peut-être le plus important ; en effet, les pâturages sont, pour la plupart de création humaine : La prairie n'existe que par et pour l'homme, par et pour le bétail. Ils sont le résultat d'une décision humaine. Ils n'existent que parce qu'il y a des pasteurs, des bergers, pour en décider. Même si cela a parfois été oublié, il était bien clair dans l'esprit des pastoralistes des générations antérieures que le paramètre **majeur** du maintien ou de l'amélioration de la production des pâturages est l'action de l'homme qui en a la gestion : l'herbager, le berger, le pasteur même nomade. Ce serait donc une erreur méthodologique fondamentale que d'envisager l'étude des herbages d'un territoire particulier en faisant abstraction de celle des modalités de gestion par leurs usagers et de leurs raisons d'être. Une approche de phytosociologie descriptive serait seule possible, mais la mise en évidence des mécanismes, des "relations causales" nécessite l'analyse des sols, du climat et la connaissance poussée des "pratiques".

Un sol particulier, une dynamique hydrique, ne détermineront une composition floristique et une production particulières que moyennant une série d'interventions humaines étagées dans le temps, parfois sur plusieurs années, donc en rapport avec ce que les agronomes appellent un itinéraire technique. Cette connaissance peut seule permettre de savoir si un état observé correspond, par exemple, à une dégradation ; et, dans ce cas, de savoir à quoi est due cette dégradation et si des remèdes peuvent être proposés. Les anciens pastoralistes le savaient bien ; ainsi, les 2/3 des pages consacrées aux pâturages dans La maison rustique du XIX° siècle le sont à leur gestion et 1/3 seulement à leur flore, dont pourtant la complexité est soulignée.

Une approche générale permettra de comprendre les incidences et les corrélations climatologiques, pédologiques, botaniques de l'état observé ; une approche technique pourra conduire à imaginer des modalités de restauration, des "itinéraires techniques". Mais seule une bonne connaissance du pasteur, en tant qu'individu mais aussi qu'individu dans un cadre social, permettra un conseil ayant quelque chance de passer dans la pratique, un conseil utile ; ce genre de conseil qui permettra, selon l'expression de **Boudet,** l'exploitation des pâturages en bon père de famille.

C'est ainsi que le "manuel de pastoralisme" envisage l'étude des terres de parcours comme un triptyque espaces, troupeaux, sociétés

Espaces - pour toutes les approches générales, les études de corrélation évoquées plus haut, avec les climats et leurs variations, le substrat, les sols et leur épuisement, tout ce qui sert de cadre à la vie des espèces végétales qui constituent la ration du troupeau et qui conditionnent la vie des populations qui les exploitent.

Troupeaux - car il est bien clair que si on peut considérer qu'au sein d'une espèce animale, les comportements sont voisins si non identiques, ils sont très différents d'une espèce à l'autre. Par ailleurs, même au sein d'une espèce, les différences entre les races peuvent être importantes, ne serait-ce qu'en raison de leur gabarit.

Sociétés - c'est ici qu'est pris en compte le comportement du pasteur. Comportement qui peut varier d'un responsable à son voisin dans des proportions importantes, mais qui varie dans un contexte social, donc sous l'emprise d'habitudes, parfois astreignantes voire nocives, et dans le cadre d'un Droit, coutumier ou écrit, et de Lois et de Règlements souvent complexes et enchevêtrées.. Et il n'est pas possible de faire passer dans la pratique une amélioration, si souhaitable soit-elle, si elle contrevient par trop à ces diverses contraintes. Déjà, en 1974, **Long** soulignait que les applications de l'écologie au développement impliquaient la connaissance des systèmes foncier et socio-démographique et des interfaces entre les divers secteurs de l'économie agricole par la prise en compte de ce qu'il appelait le triptyque économie-écologie agronomie lié à l'utilisation polyvalente du territoire.

10.2 - Objectifs de l'enquête pastorale

Une première partie de l'enquête pastorale devra mettre en évidence le mode de gestion de la parcelle analysée, qui constitue un des paramètres mésologiques majeurs dans l'étude des pâturages. Il convient que le pastoraliste puisse recueillir le maximum de données sur la ou les parcelles étudiées. Ces données concernent :

- **les façons culturales** (travail du sol, dérochement, épierrage, surfaçage, coupe des refus, et même émondage et passage des feux) s'il y a lieu, et l'examen du matériel qui a servi à les faire, car, selon le type de matériel, l'intensité de l'action effectuée peut être très différente.

- **la fertilisation**, types d'engrais, doses, modalités d'épandage (en une ou plusieurs fois) avec, dans toute la mesure du possible, l'examen des sacs (ou des bons de livraison) car les erreurs et les confusions ne sont pas rares.

- **la fumure organique** en distinguant le fumier du lisier et du purin, les quantités épandues, les dates d'épandage, etc. En particulier, un problème se posera souvent pour l'estimation des restitutions animales qu'il est nécessaire d'évaluer quand l'éleveur utilise des parcs tournants pour améliorer son fond.

L'enquête ne devra pas porter sur la seule année en cours, mais aussi sur les années antérieures ; en effet certains traitements ne sont pas réalisés tous les ans, d'autres peuvent avoir un effet perceptible plusieurs années après l'intervention. Elle devra même porter sur l'ancienneté des pratiques enregistrées et sur les pratiques antérieures qui, parfois, peuvent seules expliquer l'état de la végétation observée ; c'est ce qui est appelé **l'analyse des précédents**. Certes, la végétation s'adapte aux modifications de l'environnement, et en particulier à celles de la gestion ; c'est la résilience. Certaines de ces adaptations sont très lentes de sorte que la végétation observée peut paraître en discordance avec les actions techniques en cours si l'enquête ne remonte pas suffisamment loin dans le temps.

Une seconde partie de l'enquête pastorale doit porter sur **le troupeau**. Le pastoraliste doit connaître le troupeau dépaissant les stations qu'il étudie : nature des animaux, race, sexe, âge, date d'entrée et de départ dans le troupeau, masses vives, types de production et quantité produites, tout doit être pris en compte. Il faut aborder aussi la gestion du troupeau : durée du séjour à l'étable (et type d'aliment fourni pendant ce temps) ou plein air intégral, le cas échéant, date de mise à l'herbe ; pour chaque parcelle dates d'arrivée et de sortie du troupeau et si possible son état à l'entrée et à la sortie. Dans le cas de troupeaux transhumants, nomadisants ou gardés sur des pâturages ouverts, il faut connaître la durée du séjour dans les diverses unités écologiques du pâturage ou du paysage végétal.

Bovins de race Salers dans une « montagne » du Cantal (France) - Photo Daget

Enfin, il faudra pouvoir évaluer les quantités et la nature des transferts effectués par l'exploitant entre ses cultures et son élevage (fruits, grains, pailles, cultures fourragères) et entre les diverses parties de son élevage. Les achats, ou les échanges, d'aliments complémentaires devront être connus, qu'il s'agisse de céréales, de son, de foin, de farines voire de sel. Dans le cas de produits provenant de l'industrie, il ne faut pas omettre d'examiner les étiquettes dont la mémoire est plus fidèle que celle de bien des éleveurs.

Le troisième et dernier volet de l'enquête portera sur le pasteur lui-même et son environnement social et économique. En fait, il s'agit d'exprimer les "fonctions socio-économiques" de l'écosystème étudié. L'âge du chef d'exploitation, celui de son épouse, ceux de ses enfants conditionneront son attente de l'avenir et donc une grande partie de ses choix techniques. Il est inutile de proposer à un pasteur une technique qui augmenterait son troupeau si toutes les places disponibles dans son étable sont occupées, si sa main d'oeuvre est déjà saturée. Il est vain de construire des scénarios d'amélioration des pâturages s'ils viennent en contradiction avec le droit coutumier local, si les possibilités financières de la famille ne sont pas suffisantes ou si l'accès à l'eau n'a pas été vérifié.

D'un autre côté, l'introduction d'une amélioration ou d'une technique nouvelle répondant à un besoin, même non formulé, peut avoir des retentissement même très lointains sur la vie familiale dans tout un groupe, sur ses modes de socialisation et sur un vaste paysage. C'est ce qu'a très bien montré l'étude des conséquences sociales et économiques de l'introduction du "tourniquet à lait" (baratte mécanique) dans les élevages d'une ethnie iranienne.

Photo Cirad

10.3 - Réalisation de l'enquête pastorale

103.1 - Préparation de l'enquête

Aucun sujet n'est totalement neuf dans aucun pays ; il faudra donc, dans un premier temps, constituer une base documentaire sur les systèmes d'élevage existant dans la région sur la quelle porte l'étude, sur son économie rurale, les contraintes sociologiques, législatives et coutumières qui la caractérisent, sur son état politique et sur les éventuelles tensions inter-ethniques qui peuvent obérer la vie des pasteurs. Il faut aussi prendre conscience des problèmes qui leur sont posés par les usages autres que pastoraux en cours ou projetés : tourisme, chasse, réserve, sport, etc. Tous éléments qui viennent en complément de la documentation écologique antérieure.

Cette documentation ne doit pas être considérée comme une réserve d'idées utilisables au moment de la synthèse, mais nécessite une exploitation préliminaire intense. Le pastoraliste doit maîtriser les renseignements qu'elle contient et dont seule la connaissance lui permettra de saisir les allusions qui seront faites au cours de l'enquête et de comprendre le pourquoi de certains choix qui pourraient paraître illogiques sur le seul plan technique.

La documentation ne permet d'appréhender qu'une partie des connaissances préliminaires nécessaires ; d'autant qu'elle ne traduit les problèmes concrets qu'au travers du filtre que constitue le rédacteur du travail consulté. Cette "concrétude" sera abordée par des entretiens préalables au cours de visites auprès de personnalités locales concernées, même indirectement, par le pastoralisme et ses acteurs : Sous-préfet et Responsables des Services agricoles locaux autorités coutumières le cas échéant (sultan, lamido...), conseillers agricoles, formateurs et enseignants agricoles, animateurs de chambres professionnelles, de syndicats et de coopératives. Tous fourniront des éléments pour la construction du système pastoral régional ou local, des éclairages tous vivants et se complétant les uns les autres.

De plus, ces visites permettent d'"ouvrir des portes" en indiquant des éleveurs intéressants, que le pastoraliste n'aurait pas pu trouver seul ; des gens qui se distinguent soit par leur compétence particulière, soit par leur traditionalisme exacerbé, soit encore par leur localisation exceptionnelle. Ces visites fournissent aussi des cautions qui peuvent s'avérer utiles et permettent enfin d'obtenir, dans certains cas, des listes d'éleveurs des groupes de tête (l'ensemble des meilleurs sur le plan de la gestion), moyen et de queue ; en effet, dans le milieu pastoral, très auto-référencé, la recommandation est une nécessité pour obtenir le principe d'un entretien, comme Pinçon & Pinçon-Chariot l'ont observé dans un autre milieu tout aussi fermé.

103.2 - L'enquête phytoécologique

La problématique du pastoraliste est centrée sur l'unité de végétation, parcelle cadastrale ou parcelle écologique. Il doit caractériser sa place dans l'exploitation, son rôle dans l'alimentation du troupeau pour expliquer la végétation observée, son passé et, si possible, son avenir et par là pour aider l'exploitant à optimiser l'utilisation qu'il en fait. La planification de l'échantillonnage sera préparée sur une base écologique, à partir des conditions de milieu. Elle nécessite la sélection préliminaire des paramètres mésologiques discriminants et la préparation d'un tableau d'échantillonnage stratifié optimisé qui permet de connaître le nombre de relevés à faire dans chaque type de milieu, compte tenu des investissements possibles, notamment en temps de terrain.

Reste à définir les emplacements où ces relevés devront être faits, en relation avec le tableau d'échantillonnage et avec les éleveurs qu'il convient de visiter avant le travail de terrain pour procéder à l'enquête phytoécologique dont les modalités sont si largement développées par ailleurs qu'il n'est pas nécessaire de les reprendre.

L'enquête phytoécologique devra être achevée avant que ne commence l'enquête pastorale chez l'éleveur. Cela permet à l'investigateur d'orienter ses questions et de mieux comprendre les réponses qui lui seront proposées.

103.3 - Les investigations auprès de l'éleveur
1033.1 - D'abord établir un questionnaire

Le pastoraliste ne doit pas s'aventurer à des entrevues avec les praticiens, sans avoir au préalable envisagé les sujets à aborder, c'est-à-dire sans avoir préparé une grille de questions. Comme en sociologie, pour faire un travail efficace, il convient que ce soit la même personne qui réfléchisse aux problèmes à aborder, à la manière de le faire, à la formulation des questions puis à la réalisation de l'entretien et enfin à son exploitation.

Ces divers points doivent balayer les différents objectifs de l'enquête énumérés dans le paragraphe précédent. Il faut pouvoir reconstituer le carnet de pâturage, ou du moins la partie qui concerne les parcelles étudiées. Il faut retrouver et localiser dans le temps les divers fonctions qui commandent la stratégie alimentaire de l'éleveur. Enfin, il faut envisager les questions nécessaires pour avoir une connaissance précise de la nature du troupeau et de sa production. Enfin, la situation de la parcelle dans le système d'élevage et dans le vécu social et économique du pasteur doit pouvoir être précisée. Pour terminer, il doit pouvoir retracer le passé, en tous cas le proche passé, et donner des indications sur l'avenir de cette parcelle et de son exploitation.

La documentation pastorale, les visites préalables, doivent permettre de sérier les problèmes et de préciser les questions qui serviront en les cadrant ; notamment, elles pourront mettre en perspective l'utilisation pastorale dans le multi-usage des paysages. Il ne s'agit pas d'énumérer des têtes de chapitre, mais bien de lister avec précision les points à aborder. Il sera bon de rédiger la grille de questions et même d'envisager les réponses prévisibles. Avant de commencer, l'enquêteur devra connaître à fond sa grille , au besoin après l'avoir apprise par coeur. Toutes les écoles pastorales, tous les services de gestion, ont mis au point de tels questionnaires pour aider à ces enquêtes ; certains sont très complets. Ils appartiennent à l'une ou l'autre de deux classes :

- les **questionnaires ouverts**, dans lesquels un espace est laissé libre après chaque question seules imprimées sur le document de "terrain" ; le questionneur porte en clair la réponse donnée à chacune des questions dans l'espace réservé correspondant.

- les **questionnaires fermés** qui prévoient, pour chaque question, les diverses réponses possibles qu'il suffit de cocher, il s'agit donc de documents analogues aux **"formulaires précodés"** des écologues.

1033.2 - Puis le dialogue avec l'éleveur

Depuis l'origine les pastoralistes se sont informés auprès des praticiens des techniques utilisées, pratiquant des enquêtes pastorales selon la méthode de Monsieur Jourdain. Ethnologues et sociologues, dans leurs sciences plus récentes, pratiquent de même, mais ils ont beaucoup réfléchi sur les bases méthodologiques et les modalités de ces enquêtes. Bon nombre de leurs remarques convergent avec les observations de bien des pastoralistes sur les techniques d'approche des pratiques et du vécu des pasteurs. Leur travail est souvent plus difficile parce qu'il porte sur les fondements les plus intimes de la personnalité, alors que celui du pastoraliste est orienté sur une de ses manifestations.

10332.1 - L'observation participante

Certains ont choisi de vivre une ou plusieurs saisons au sein d'un groupe, car, comme le soulignait déjà Sénèque, "*quia hommes amplius oculis quam auribus credunt*" (les gens se fient plus à leurs yeux qu'à leurs oreilles) ou de se procurer un troupeau pour rencontrer les mêmes problèmes et examiner les solutions apportées par les pasteurs et comment elles peuvent être améliorées .

L'observateur comprend mieux son interlocuteur et ses motivations "*quia vita ejus interfuit, secreta perspexit, observavit illum, an ex formula sua viveret*" (il a vécu avec lui, il a vu comment il vivait, il a percé ses secrets, pris garde à tout ce qu'il faisait pour voir si son agir est conforme à ses dires). Ce sont des entreprises de longue haleine difficilement compatibles avec une enquête régionale ou une étude d'expertise. Ces deux approches relèvent de ce que les sociologues appellent l'observation participante.

Il reste que de nombreuses méthodes d'enquêtes sont possibles et défendues par les uns ou les autres ; elles se ramènent à deux catégories l'interrogatoire et l'entretien.

10332.2 - L'interrogatoire

Le questionneur, ici le pastoraliste, pose au questionné, ici l'éleveur, la série de questions nettes et précises qu'il a préparée ; ces questions n'impliquent que des réponses brèves d'ordre technique. Le pastoraliste se contente de suivre sans déviation son questionnaire.

L'interrogatoire est un mode d'acquisition des informations techniques qui a de nombreux avantages. Il est simple, rapide, direct. Ses résultats sont faciles à saisir sur le plan informatique et leur traitement est très simplifié, tant par l’emploi

des analyses factorielles diverses, en particulier l'AFCVI (Analyse factorielle des correspondances avec variables instrumentales), que par l'Analyse écologique. Ce questionnement semble le plus neutre, et son "impartialité » permet une bjectivité satisfaisante de l'étude surtout lorsqu'elle met en oeuvre les méthodes mathématiques "objectives" de l'analyse des données.

Ce mode d'enquête, standardisé et comme aseptisé, repose sur une conception de la réalité existant comme un donné extérieur à l'homme qui la vit. L'opinion d'un individu est vue comme un bloc.

Alors, le questionnaire standardisé ne touche que les couches les plus superficielles du "vécu" pastoral de l'interrogé. Il ne permet que de dégager ses conclusions techniques, son mode opératoire, mais les motivations, dont certaines peuvent être inconscientes échappent totalement à l'enquêteur. Il ne peut donc comprendre le pourquoi des réalisations, ce qui le rend incapable de reconstituer les enchaînements intellectuels qui ont permis de passer d'un donné extérieur à une réalisation pratique. Toutes possibilités de généralisation lui échappent donc ; en effet, un même donné, selon la personnalité du décideur et la manière dont il reçoit les influences externes, peut aboutir à des réalisations techniques très différentes.

D'autant que l'informateur ne dit pas toujours vrai. Il peut cacher la vérité intentionnellement par ce qu'il juge son interlocuteur indigne de la connaître ou incapable de la reconnaître s'il la rencontre[1], ou par ce qu'il craint l'usage qui pourrait en être fait. Il peut aussi se tromper en toute bonne foi, confondant une année avec une autre, un produit ou une parcelle avec d'autres. Lorsque, revenu au laboratoire, les éléments fournis alimentent les modèles fonctionnels ou relationnels qui ont servi à construire la grille de questions, des contradictions apparaissent, des impossibilités surgissent et il est trop tard pour revenir aux informateurs et en obtenir les précisions ou les corrections qui se révèlent indispensables. Pour éviter ça, il est recommandé de tester les questionnaires sur un nombre limité d'éleveurs avant de programmer l'enquête générale. Enfin, il faut se souvenir que la gamme des méthodes d'analyse des données sont extrêmement nombreuses, chacune permettant de mettre l'accent sur un aspect particulier des données traitées et que certaines d'entre elles utilisent un jeu de coefficients souvent ignorés de l'utilisateur mais qui peuvent selon les valeurs qui leur sont attribuées aboutir à des interprétations opposées.

Remplir un ou plusieurs bordereaux, questionnaires ou carnets de pâturage sera toujours utile et porteur d'informations précieuses, mais plus important est le dialogue avec le responsable.

---

1 – Certains praticiens commencent par tester l'enquêteur pour jauger ses compétences

10332.3 - L'entretien

Se lancer dans un entretien nécessite une certaine préparation. Le pastoraliste projette de s'introduire dans la vie de quelqu'un, d'un "paysan" qui, en règle générale, n'a rien demandé, pour lui prendre une partie de ce qui fait sa vie, pour pénétrer dans son intimité. Il faut savoir que le monde rural est souvent plus difficile à pénétrer que le "milieu populaire". Sur bien des points, ces difficultés s'apparentent à celles qui attendent les sociologues qui veulent aborder la grande bourgeoisie et qui ont été par ailleurs analysées avec acuité. Parce que, ces deux milieux extrêmes ont des caractéristiques comparables, ils possèdent leur culture propre, leurs traditions, leur langue, très mal connues du reste de la population. Ils vivent tous deux d'un capital, notamment foncier, dont le rendement est faible (c'est ainsi qu'on dit que l'éleveur, plus encore que l'agriculteur, vit pauvre et meurt riche !) Ce capital reste largement supérieur au capital des enquêteurs, ce que les deux interlocuteurs savent même s'ils ne le disent pas, et qui excite souvent les appétits des autres classes et de l'État. Pour que cette intrusion ne soit pas vécue comme un viol, il faut en premier lieu **trouver une bonne introduction**.

En fait, la voie royale est la recommandation. Les visites préalables, les contacts antérieurs, auront permis de savoir qui aborder et comment le faire, où sont les personnalités les plus importantes, compte tenu de l'étude en cours. Les personnes rencontrées auront parlé autour d'elles et aux éleveurs qu'ils auront indiqués de l'enquête qui démarre. Dès lors, ces derniers attendent la visite du pastoraliste (ou le cas échéant auront fait savoir qu'ils ne voulaient pas le voir, sous aucun prétexte !). Si les premiers entretiens ont donné satisfaction à l'enquête, la recommandation fera tache d'huile ; tous les éleveurs d'une région se connaissent et pourront dire que pour voir tel type de chose, avoir telle application "vous n'avez qu'à aller voir Untel de ma part.."

Une autre voie, plus délicate, est le travail. L'herbager ou le berger qui a vu le pastoraliste travailler sur le terrain, déterminer la flore en place, creuser une fosse pédologique et faire la description du sol, puis reboucher soigneusement la cavité, sait qu'il n'a pas affaire avec "un rigollot". Il pourra même poser des questions sur les plantes, sur le sol, soit qu'il ait besoin de s'informer, soit qu'il cherche à comparer avec ce qu'il sait déjà ; il se souviendra de l'intérêt qu'il a éprouvé quand viendra le moment de l'enquête pastorale. Il faut, bien sûr, montrer tout de suite l'importance qu'on attache à son savoir.

L'interlocuteur doit être mis en confiance et cela suppose que le pastoraliste veille aux marqueurs sociaux auxquels le pasteur est sensible. Il doit donc "réfléchir à la présentation de soi" et il lui faut donc fuir l'assimilation possible "bêtes noires" des éleveurs. Il y a le "Monsieur", l'homme en costume-cravate, assimilé au propriétaire terrien ou au colonisateur de jadis dont les tics sont encore très actuels, le "Journaliste" et le "Parisien" (aussi appelé dans certaines régions 1"`Américain") et pire encore le "Touriste", qui sont des gens posant des questions farfelues à tort et à travers et auxquels on peut dire n'importe quoi ; il y a enfin le "Fonctionnaire", dont le pire est celui des impôts encore appelé dans certaines régions de France le "Gabelou" deux cent ans après la disparition de ce type de fonctionnaire, qui lui pose des questions précises, fort indiscrètes et qu'il convient d'embrouiller et si possible de tromper. C'est en relation avec ces critères que l'enquêteur doit choisir sa garde-robe avant d'aborder ses interlocuteurs. Une erreur de tenue sera vue par le pasteur comme une provocation et il agira et répondra (s'il répond !) en conséquence.

Les échanges dans un tel entretien se font par le dialogue, ils sont donc oraux, ce qui pose le délicat problème de la langue. D'abord, si les deux parties possèdent la même langue maternelle, elles ne s'expriment souvent pas dans le même «dialecte»; c'est-à-dire que les mêmes mots ont pour chacun des interlocuteurs un contenu sémantique différent. L'expérience montre qu'il est plus facile, à un fils et petit-fils d'éleveur peul de s'entendre avec un "vacher" du Cantal qu'à un fils et petit fils de fonctionnaire français ; ils n'ont pas la même langue maternelle, mais ont les

mêmes problèmes quotidiens ce qui les mets "sur la même longueur d'onde". C'est au pastoraliste de faire l'effort de rapprochement nécessaire. Son interlocuteur aura facilement tendance à entrer dans «le rôle du bon élève», en s'appliquant à bien répondre en adoptant un langage scolaire qui perd en naturel autant qu'il gagne sur le plan grammatical. On comprend que c'est une attitude qu'un interviewer adroit s'efforcera d'éviter pour sauvegarder la spontanéité de la discussion.

Plus délicate encore et plus difficile à gérer est la situation où le pastoraliste et le pasteur n'ont pas de langue en commun et doivent passer par le truchement d'un traducteur. On ajoute en effet aux difficultés purement sémantiques, les écueils d'une traduction toujours difficile. Le choix du traducteur est donc déterminant ! Il conviendra d'en trouver un qui soit bien courant des problèmes qui vont être abordés au cours des entretiens, aussi apparenté que possible aux personnes qui vont être abordées.

Il faut que le dialogue soit confiant et ouvert. Pour cela, l'interlocuteur devra être "saisi" à un moment où il a l'esprit libre, quand le travail lui laisse du repos et qu'il est au calme. Et au calme pour une durée assez longue ; ainsi, il ne peut être question d'envisager de l'aborder le soir sous le prétexte que la journée de travail est terminée, il est las et n'a ni le goût ni le temps de parler. L'enquête serait bâclée.

Un bon enquêteur ne devra pas avoir de tabous alimentaires différents de ceux de sa cible ; et même, pas de tabous du tout s'il envisage d'étendre ses travaux à des ethnies de pays et de religion variés. Inutile de compter créer l'atmosphère de convivialité nécessaire au bon entretien chez un nomade africain ou berbère lorsqu'on ne peut boire le thé vert sucré qui leur est indispensable... ailleurs ce sera le lait caillé, le café, la canette de bière, ou le vin rouge, en "canon" au comptoir, en verre à moutarde, parfois accompagné d'une tranche de lard à la maison. Il faut d'ailleurs noter que ces boissons évitent la consommation de l'eau locale souvent non potable....

L'entretien peut être enregistré sur un magnétophone dans la mesure où cet appareil reste discret, mais il faut proscrire les caméras et les caméscopes. En effet, l'entretien doit être sincère et spontané et la présence d'une caméra tue la spontanéité, aussi bien de la part de l'interrogé que du questionneur ; c'est ainsi que Quignard affirme qu‘ "*il est rarement utile d'écouter les gens qui se savent être vus*" (en réalité, il dit "jamais utile", ce qui est de toute évidence excessif !) L'interview en direct est une technique difficile qui n'est accessible qu'aux professionnels avertis, entourés d'une équipe de spécialistes, sans que la réussite soit toujours au bout de leurs efforts.

Bien conduire un entretien pastoral est un exercice passionnant et riche d'informations mais il laisse l'enquêteur épuisé. En effet, il doit toujours rester sur le qui-vive pour pouvoir aller toujours plus loin en profondeur. Son moyen d'action est dans la formulation des questions. Il doit trouver la meilleure expression en accord avec l'état d'avancement du dialogue, savoir revenir en arrière si nécessaire, sans

donner à son vis-à-vis l'impression fâcheuse de tourner en rond, ce qui ne manquerait pas de "rompre le charme". Il faut suivre la grille, mais sans y rester coller, sans en être l'esclave, savoir percevoir les ouvertures qui permettent au dialogue de décoller et qui entrouvrent des perspectives nouvelles, des aperçus inédits. Parfois, le pastoraliste peut donner un avis, un jugement, dire ce qu'il aurait fait dans la situation décrite, mais il ne doit le faire qu'avec doigté, car il n'est pas là en tant que conseiller agricole ou pour représenter un produit, mais pour comprendre le vécu pastoral de l'autre dans toute sa complexité.

Souvent, il faut percevoir "au vol" que certains avis, certaines analyses qui lui sont présentés sont contradictoires ; il doit alors chercher à comprendre l'origine de cette contradiction. Elle peut être liée au fait que la logique du décideur, donc du pasteur, n'est pas celle de questionneur. Notamment parce qu'elle n'est pas transitive (c'est-à-dire que le fait de préférer A à B entre A et B, et B à C entre B et C, n'entraîne pas la préférence de A sur C lorsque le choix doit être fait entre A et C) en raison de sa grande peur de l'inconnu, peur qui le conduit à penser que l'incertain de l'avenir contient le pire et que c'est le pire qui arrivera.

Il en résulte que pour trouver, non seulement la bonne question, mais aussi sa formulation la plus heureuse, celle qui portera, qui déclenchera les réponses porteuses de sens, il n'a que quelques secondes. Il doit à la fois écouter ce que l'interlocuteur dit, l'analyser et le mémoriser et en même temps il doit imaginer la question suivante qui fera rebondir le dialogue. C'est pourquoi il est fructueux d'être deux, de travailler en.binôme.

Non pas un qui parle et l'autre qui note, c'est mieux que rien mais ce n'est pas ainsi que le binôme porte tout son fruit. Les deux pastoralistes doivent tous les deux faire le même travail, se renvoyer la balle, en se complétant mais sans faire double emploi. Il leur faut parvenir à rester un en deux personnes, travail délicat supposant une entente sans problème.

Le fait d'avoir été deux permet, à l'issue de l'entretien, de confronter des souvenirs multiples, de compléter ceux de l'un avec ceux de l'autre, les notes de l'un avec celles de l'autre et d'avoir ainsi une image plus fidèle parce que plus nuancée du système pastoral sur lequel portait l'analyse.

10.4 -Et quand il n'y a pas de pasteur ?

Fait-on du pastoralisme quand il n'y a pas de pasteur ? Au sens strict non, naturellement. Mais en fait, oui et ceci dans le cadre du "multi-usage" des formations herbacées Ces végétations, lorsqu'elles ne sont pas utilisées pour la nourriture des troupeaux, doivent encore être étudiées dans ces situations, comme dans celles qui ont été analysées antérieurement, il faut dégager les chaînes causales qui sont en amont de l'état actuel du tapis végétal pour pouvoir en prévoir l'évolution prochaine.

Un mode de consommation de la végétation dans le parc de Zacouma (Tchad) – Photo P. Poilecot

Parmi les états possibles du **multiusage**, plusieurs situations types se dégagent :

▸ - **le cas des réserves** : où de très vastes étendues de territoires sont protégées contre l'action directe de l'homme, par ses troupeaux ou avec sa charrue, ou qui lui sont totalement soustraites. Les végétations de ces territoires ne servent plus qu'à l'alimentation de hardes d'animaux sauvages. Elles présentent une dynamique évolutive particulière liée à la pression de pâturage exercée par ces hardes.

▸- **celui des ranchs** : où, à l'intérieur de territoires plus restreints, limités par des clôtures, les déplacements des animaux sont libres.

▸ - celui enfin des **zones de loisir** maintenus artificiellement en formations herbacées malgré la déprise agricole pour y conserver une utilisation ludique. C'est le cas des "domaines skiables", des "terrains de golf'. Ces végétations sont à la limite de la zone d'action du pastoraliste. Soit juste en deçà de cette limite, comme le domaine skiable, soit au delà comme les terrains ludiques qui peuvent atteindre les degrés d'artificialisation extrêmement élevés des terrains de football. Dans cette situation, l'enquête doit s'adresser à des techniciens, à des ingénieurs et non plus à des pasteurs, et c'est un autre problème.

Dans le cadre des réserves et des ranches, les animaux choisissent librement les unités de végétation qu'ils utilisent et la manière dont ils les utilisent. L'enquête doit être faite, mais là aussi elle change de nature. Le problème est de suivre les hardes, d'évaluer leur effectif et de mesurer les durées de séjour dans chaque végétation. Les "motivations" sont alors difficiles à dégager ; il s'agit souvent de l'alimentation en eau de boisson, en végétation palatable, et même de la variation de sa constitution minérale (ce qui est à rapprocher de celles du nomadisme) 'Achaba et cure salée. Les ranches ne sont pas assez vastes pour que ces influences puissent jouer. Mais, selon le type de ranch, la taille des parcs, la gestion de l'éleveur pourra avoir une incidence différente suivant les rotations, les niveaux de chargement, et les lieux d'attractivité : eau, zone d'ombre, pierre à lécher. L'enquête, très délicate, met en évidence l'influence primordiale du "gestionnaire" qu'est le mâle dominant du troupeau qui y est localisé quand il change, le mode d'exploitation change aussi. Dans les deux cas, les modalités d'investigation sont très délicates dans leur mise en couvre et restent notablement différentes. ce n'est plus un carnet de pâturage qu'il faut dégager, mais les modes d'utilisation des diverses unités de végétation qui constituent le territoire accessible. Celles qui ne sont pas mangées et celles qui le sont et avec quelle intensité, ceci en relation avec l'heure, la saison, le type de temps...

10.5 – Conclusions du chapitre

L'enquête pastorale ne peut être considérée comme un but en soi et constituer seule l'étude pastorale, c'est une phase essentielle de l'analyse, et souvent la plus longue et la plus délicate. Parce que l'enquêteur, même agronome, ne dispose que trop rarement des manières d'être et de s'exprimer qui lui permettraient d'être à l'aise dans cet univers complexe qui lui est étranger et dans lequel il cherche à s'introduire. Récemment "redécouverte" et prônée par la dernière en date sous la dénomination d'"étude des pratiques pastorales", cette technique d'investigation est recommandée **depuis toujours** par les responsables des écoles de pastoralisme qui se sont succédées dans divers pays. Sans elle, une analyse de la végétation en place restera sur le plan purement descriptif ; sans elle, une telle étude ne pourra conduire à une compréhension opérationnelle de la dynamique ; sans elle, aucune intervention "positive" sur la végétation, sur la vie des pasteurs qui l'exploitent, ne peut être envisagée, aucune approche systémique ne peut être abordée.

Chapitre 11

Conclusions :
Le bilan pastoral

Un troupeau dans la steppe tunisienne – Photo Melki

Table des paragraphes

- **XI.1 – De l'analyse stationnelle au bilan pastoral…..11.04**
- **XI.2 – Principes généraux……..…11.05**
- **XI.3 – Etablissement du bilan pastoral ……..11.11**
- **XI.4 – En guise d'épilogue ……..11.23**

11.1 – De l’analyse stationnelle au bilan pastoral

Les premiers chapitres de cet ouvrage ont présenté les principales "familles" de méthodes d'étude de la flore et de la végétation des pâturages et autres terrains de parcours utilisés dans un grand nombre de régions du monde. On a montré leurs points communs, leurs divergences, leurs avantages, leurs inconvénients ; en particulier, il a été souligné à plusieurs reprises que le choix d'une méthode dépend beaucoup du but du chercheur, de la nature des phénomènes qu'il cherche à mettre en évidence.

Beaucoup de méthodes aboutissent à une image matricielle de la végétation. Le chapitre suivant a présenté quelques unes des voies d'interprétation de telles matrices, en privilégiant celles qui conduisent à évaluer la qualité de la végétation pour l'alimentation du bétail, notamment par la valeur pastorale. Il en est d'autres qui ne sont pas abordées ici, concernant la structure de la végétation, les relations interspécifiques, le statut écologique des espèces, les relations entre le recouvrement et le milieu.

Il reste à dégager la manière dont le pasteur utilise la végétation des terres qu'il exploite par l’**enquête pastorale**, puis c'est-à-dire à ***évaluer sa contribution à l'alimentation du troupeau***. C'est le **bilan pastoral**.

11.2 – Principes généraux

112.1 – Les impacts de l'homme

Les études de la flore et de la végétation doivent rester au cœur d'une vision intégrée du pastoralisme mais elles ne doivent pas rester isolées. En effet, elles ne peuvent prendre leur pleine signification qu'encadrées par une étude détaillée du biotope et par une enquête portant sur le pasteur et ses problèmes et ses motivations. C'est l'objet de l'enquête pastorale développée dans le chapitre précédent.

Les pâturages et autres herbages sont liés à leur utilisation pastorale et prennent la place des forêts.

Bien entendu, il est possible de discuter sur le devenir des steppes, et les phytogéographes le font activement, mais en dehors des déserts, cette remarque traduit un dynamisme plus ou moins rapide et surtout une instabilité du système. Au cours de son enquête le pastoraliste devra recueillir le maximum de données sur la ou les parcelles étudiées :

- les **façons culturales**
- la **fertilisation,**
- la **fumure organique**

114.2 - Une relation générale

Le disponible fourrager d'un pâturage peut être caractérisé, soit par sa valeur pastorale (chapitre 6) soit par sa charge moyenne annuelle (chapitre 7). La confrontation de ces deux approches a permis de découvrir la relation fondamentale du bilan pastoral :

La charge moyenne annuelle que peut supporter un pâturage est égale aux deux centièmes de sa valeur pastorale

Il s'agit là d'une excellente relation linéaire (figure XI.1) ; en la dégageant, nous avions trouvé un coefficient de corrélation de 0,93 et elle a toujours été vérifiée depuis. Reprenons l'exemple de la montagne de Saint-Bonnet de Salers (paragraphe 632.2). Avec une valeur pastorale de 42,7, elle peut nourrir 42,7 x 0,02 = 0,85 UGB.ha^{-1}.an^{-1} ; en d'autres termes, il faut 12 hectares pour nourrir un troupeau de 10 vaches adultes en un an, et, comme la saison de paissance n'est que de 6 mois, il pourra supporter 20 vaches. De fait, il y en avait 19 avec un mâle. Cette relation a été complétée pour les régions froides des alpages (figure XI.2) et dans les régions arides, sur le cheptel ovin dans les steppes d'Algérie (figure XI.3).

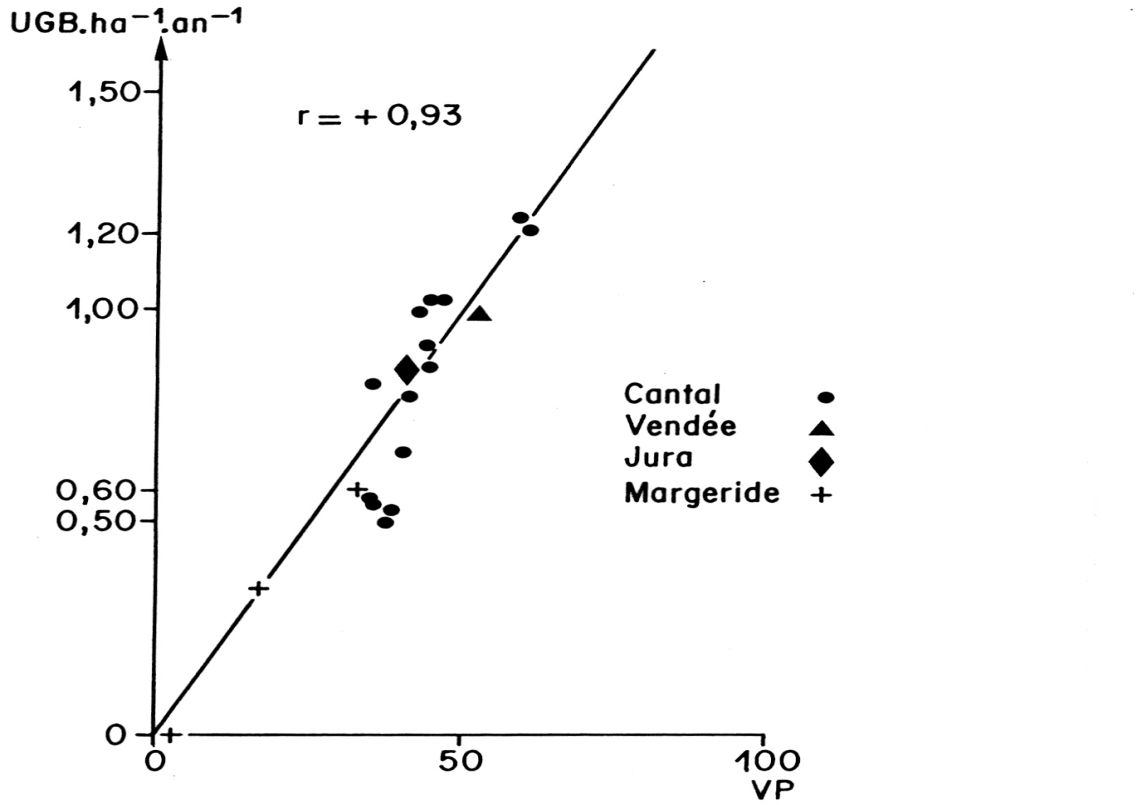


figure XI.1 - Relation entre la valeur pastorale des pâturages et leur charge dans les pays humides (extrait de Daget & Poissonet, 1971)

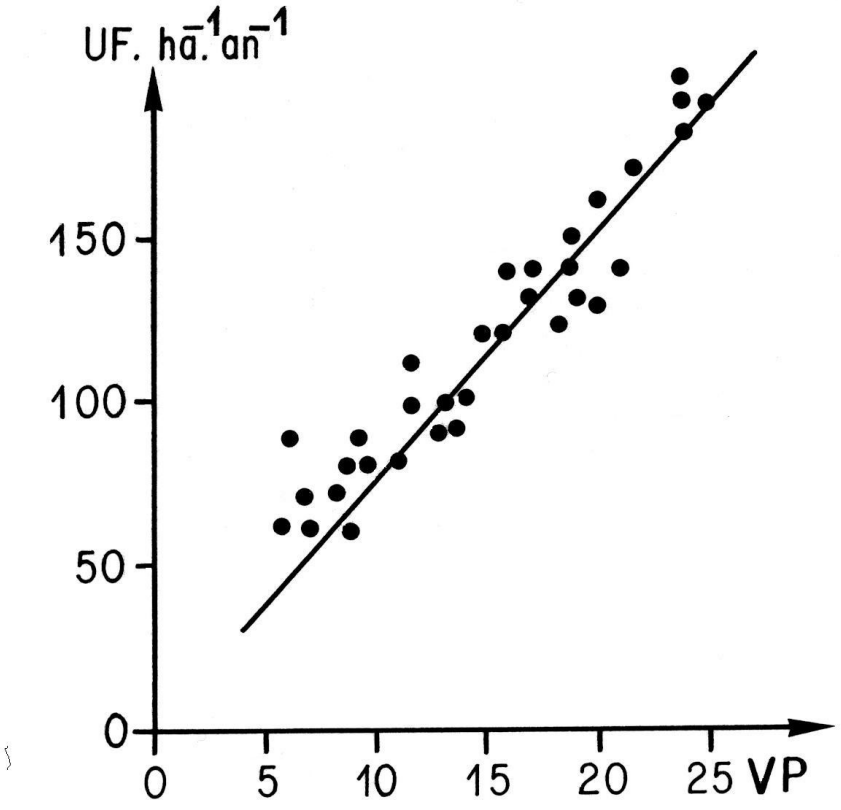


figure XI.2 - Relation entre la valeur pastorale des alpages et leur production (redessiné d'après Dubost & Jouglet, 1983)

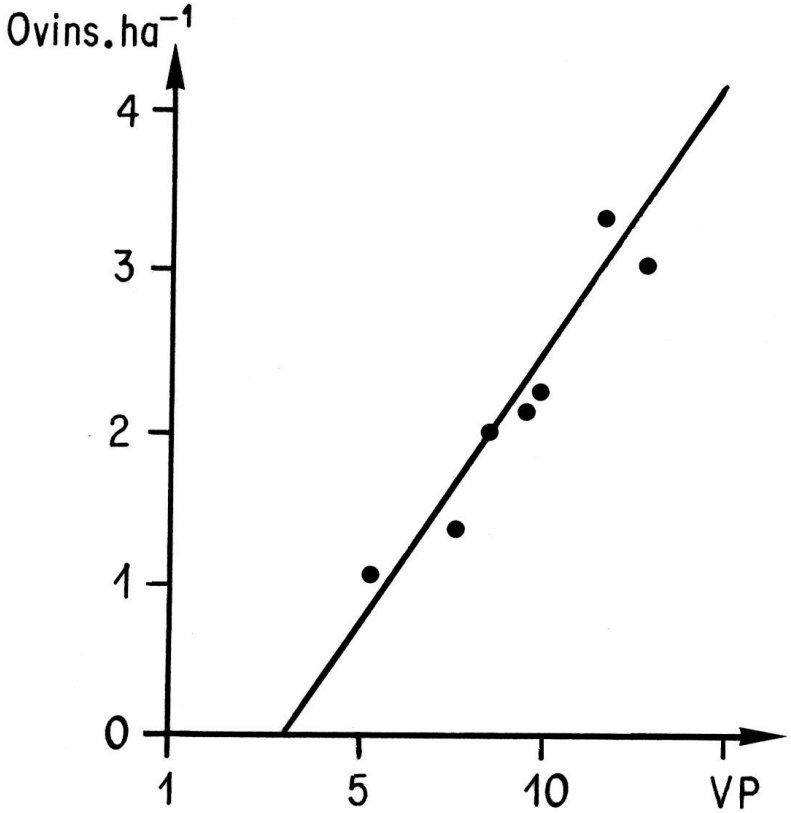


figure XI.3 - Relation entre la valeur pastorale des pâturages et leur charge dans les steppes algériennes (redessiné d'après Nedjraoui, 1981)

11.3 – Etablissement du bilan pastoral

113.1 - Le bilan pastoral au niveau parcellaire

Dans le Parc national des Ecrins, l'alpage du Basset a une superficie de 400 hectares se subdivisant de la manière suivante :

Tableau XI.1 - L'alpage du Basset (France)

Faciès	Superficie	VP
Nardus stricta	200	7,5
Vaccinium myrtillus	100	15
Festuca ovina	50	20
Sesleria coerulea	25	25
Alopecurus pratensis	20	30
Poa alpina	5	35

Le troupeau inalpé jusqu'en 1960 utilisait seulement les 4 derniers faciès soient 100 hectares dont la valeur pastorale est :

$$VP = \frac{(50 \times 20) + ... + (5 \times 35)}{100} = 24$$

la charge moyenne annuelle possible est donc de 0,02 x 24 = 48 UGB.ha^{-1}.an^{-1} ; la saison d'inalpage est de 4 mois, par conséquent la charge possible pendant la saison est de 48 x 3 = 134 UGB.

Une enquête faite auprès des éleveurs qui utilisaient cet alpage a mis en évidence qu'ils y montaient 130 vaches ; s'agissant d'animaux de race Tarine, ces vaches avaient un développement d'environ 500 à 550 kg avec une production d'environ 3 000 litres par lactation. La charge réelle était donc d'environ 130 UGB .

Toujours dans le Parc national des Ecrins, l'alpage du Lavay a une superficie de 3000 hectares avec les faciès du tableau de la page suivante.

tableau XI.2 - L'alpage du Lavay (France)

Faciès	Superficies	VP
zones inaccessibles	2000	0
vététations très claires	700	3,5
landes diverses	200	11
pâturages	100	22,5

La valeur des landes varie de 7 à 15 selon leur composition (*Calluna vulgaris* pour les unes, *Vaccinium myrtyllus* ou *Juniperus communis* , parfois *Rhododendron ferrugineum* pour les autres), nous avons pris la valeur médiane, mais une étude précise nécessiterait une cartographie pour connaître leurs superficies respectives. De même les pâturages herbacés ont une valeur qui passe de 15 à 20 selon leur type, ici aussi c'est la valeur médiane qui a été retenue.

Le troupeau inalpé utilise seulement les 3 derniers faciès soient 1000 hectares dont la valeur pastorale est

$$VP = \frac{(700 \times 3{,}5) + ... + (100 \times 22{,}5)}{1000} = 6{,}9$$

la charge moyenne annuelle possible est donc de 0,02 x 6,9 = 0,138 UGB.ha^{-1}.an^{-1} ; la saison d'inalpage est de 4 mois, par conséquent la charge à l'hectare possible pendant la saison est de 0,414 UGB ; pour 1 000 hectares, l' alpage peut donc nourrir 400 UGB.

Ce troupeau est constitué de 1 200 moutons ; les pastoralistes locaux évaluent la charge correspondante à 400 UO , c'est-à-dire à 57 UGB . On constate ici une distorsion considérable par rapport à la norme !

En fait, cette utilisation de l'alpage du Lavay est récente ; une enquête auprès des éleveurs qui l'utilisaient naguère a montré que, jusqu'au cours des années 60 le troupeau comportait 2000 à 2500 moutons et 100 vaches. Il y avait donc 750 UO plus les vaches soit 207 UGB ; c'est moins que ce que pourrait tenir l'alpage tout en correspondant à une pression 4 fois plus forte qu'à l'heure actuelle. Déjà sous-pâturé il y a 30 ans, cet alpage est actuellement très insuffisament exploité. Les conséquences d'une telle sous exploitation ont été analysées dans le chapitre 8 ; il est possible d'avancer que la place importante qu'y tiennent les landes est la conséquence immédiate de cette trop faible pression. Elles continueront à s'étendre et à se fermer progressivement. Si l'état de la végétation n'est pas

plus catastrophique, c'est à la pression due aux herbivores sauvages qu'on le doit ; en effet, l'alpage de Lavay abrite 200 chamois ce qui fait 200 UO, ou 28 UGB de plus. Il n'en reste pas moins qu'en son état actuel cet alpage devrait supporter 3 fois plus de moutons et deux fois plus de chamois, sinon son embroussaillement par les landes va se poursuivre.

113.2 - Le bilan pastoral au niveau de l'exploitation

Au niveau local, reprenons comme exemple une exploitation de la région de Ben Slimane au Maroc (voir paragraphe 732.3).

Besoins

Cette exploitation comporte le cheptel suivant :

- 4 vaches de 250 kg et produisant 1 200 litres de lait par an soit 1,70 UGB
- 2 veaux (sevrés assez tôt) soit 0,50 UGB
- 1 âne un peu moins de 0,5 UGB, soit 0,45 UGB

Le total correspond dont à **2,65 UGB**

et, par conséquent les besoins énergétiques pour l'année sont de 2,65 UGB x 3 000 $UF.UGB^{-1}$ soit **7 950 UF**

Calculé d'une autre manière, on retrouve pratiquement le même chiffre que celui qui a été trouvé au paragraphe 632.3.

L'offre énergétique

L'offre énergétique peut être évalué de la manière suivante :

- 1,5 hectares de jachère ont une valeur pastorale moyenne de 20 et une équivallence de 60 UF par point de VP . La fourniture sera de 1,5 x 20 x 60 soit 1 350 UF
- 3 hectares de vigne sont pâturés et présentent une valeur de 7,5 ; leur fourniture est de 3 x 7,5 x 60 1 350 UF
- 3 hectares de céréales fournissent 200 balles de pailles de 22,5 kg à 0,275 UF.kg-1 , donc 4 500 x 0,275 1 250 UF
- auxquelles il faut ajouter la consommation des chaumes sur pied après la récolte et qui correspondent au 1/3 de la paille retirée, soit 600 UF
- ainsi que des "mauvaises herbes" avec une valeur de 7,5, d'où 3 x 7,5 x 601 soit pour elles 350 UF

en définitive, l'exploitation fournit en tout **6 350 UF**

Bilan

Face aux besoins de 7 950 UF, l'exploitation ne fourni que 6 350 UF ; on voit que la balance n'est pas assurée ; or, l'exploitation se procure sur le marché 30 qtx de son qui sont utilisés comme aliment complémentaire et apportent ainsi 3 000 x 0,62 = 1 850 UF

En définitive, le bétail dispose donc d'un apport de 8 200 UF qui couvrent complètement ses besoins. D'un point de vue économique, les ventes du lait non consommé suffisent à compenser les achats de son ; financièrement l'élevage est donc légèrement bénéficiaire.

113.3 - Le bilan pastoral au niveau régional

L'étude de la région de Lagbar au Sénégal illustrera l'établissement d'un bilan pastoral au niveau régional.

1133.1 - Localisation

La communauté rurale de Labgar, dans la zone sylvo-pastorale du Sénégal, est située au nord du département de Linguère. Elle couvre 70 000 ha. Trois ethnies coexistent au sein de cette communauté : les Maures, les Oolofs et les Peulhs. Ces populations vivent

dans une région écologique "marginale" particulièrement vulnérable, le Nord-Sahel : déficits de pluies fréquents, potentiels fourragers agricoles et hydriques fluctuants, contraintes multiples affectant les populations humaines, le cheptel et les formations végétales. Divers programmes et projets de développement interviennent dans la région pour lever les contraintes et contribuer à faire émerger les économies des sociétés locales ; cependant, en dépit des efforts déployés, la situation de crise reste persistante et généralisée.

1133.2 - Principales caractéristiques mésologiques

La pluviosité "moyenne annuelle" est voisine de 300 mm, avec une variation de 90 à 450 mm. Les précipitations ont lieu de juillet à octobre. Sur le plan édaphique, trois grands ensembles sont à retenir.

les **sols squelettiques**, superficiels, à texture sableuse très grossière, couvrent 15% du territoire ; le recouvrement des herbacées annuelles y est inférieur à 50%.

les **sols des surfaces planes, profonds, sableux** légèrement limoneux, couvrent 75% du territoire ; le recouvrement des herbacées annuelles y est de l'ordre de 75%.

les **dépressions, aux sols sablo-argilo-limoneux**, couvrent 10% du territoire ; le recouvrement des herbacées annuelles y est toujours supérieur à 90%.

1133.3 - Bilan pastoral des bonnes années

Ces années là, la pluviosité annuelle est nettement supérieure à 300 mm, avec une assez bonne répartition de mi-juillet à fin octobre.

Pp Production théorique possible : 182 000 tMS (moyenne 2,5 $t.ha^{-1}$; on peut considérer que 1/3 du territoire est à éliminer (piste, village, campements, pare-feux, zones érodées...)

Pd Production disponible (2.Pp/3) : 121 000 tMS ; on peut estimer que les 3/4 de la production disponible ne sont pas utilisés par les animaux (piétinement, souillure par les fecès et l'urine, gaspillage, état physiologique de la végétation, mise en défens pour les régénérations forestières, et les réserves pour saison sèche ou année défavorable...

Pt Production transformée (Pd/4) : 3 000 tMS ou Pp/6.

Une UBT consomme en moyenne 6,25 $kgMS.j^{-1}$, soit environ 2,3 $t.an^{-1}$; donc les 30 000 tMS offrent une possibilité de charge de 13 043 $UBT.an^{-1}$ (30 000/2,3). Ce chiffre est comparable au cheptel réellement en place qui est d'environ 13 450 UBT.

1133.4 - Bilan pastoral des mauvaises années

Ces années là, la pluviosité annuelle est nettement inférieure à 250 mm, avec une mauvaise répartition de mi-juillet à fin octobre. La production est cantonnée dans les dépressions.

Pp Production théorique possible : 16 000 tMS (moyenne 230 kg.ha^{-1})

Pd Production disponible (2.Pp/3) : 10 000 tMS

Pt Production transformée (Pd/4) : 2 700 tMS

Cela correspond à une charge potentielle de 1 174 UBT (2 700/2,3), soit 11 à 12 fois moins que le cheptel présent à Labgar. Ainsi donc, les années de mauvais hivernage, 12 à 13 000 UBT doivent **trouver leur nourriture en dehors du territoire** de la communauté rurale de Labgar.

113.4 - Interprétation : Esquisse d'une stratégie d'aménagement et de gestion

Les bonnes années

De juillet à décembre, les éleveurs, installés dans des campements permanents, peuvent exploiter les pâturages des abords des mares et au-delà d'un rayon de 10 km du forage, ce

qui correspond à la moitié de la surface du territoire.

De janvier à juin, le bétail pourra se rapprocher jusqu'à 3 km du forage, selon un mouvement centripète, les éleveurs s'installent dans des campements temporaires de saison sèche. Le centre, qui correspond à un rayon de 3 km autour du forage et couvre une superficie de 3 000 ha, sera fortement sollicité pour les besoins d' abreuvement pendant les six mois secs et recevra par ailleurs un apport important de matière organique. Il pourra faire l'objet des aménagements suivants :

- - Reboisements,
- - Constitution de réserves fourragères (attention aux feux !),
- - Action agricoles (cultures vivrières et maraîchères).

Les mauvaises années

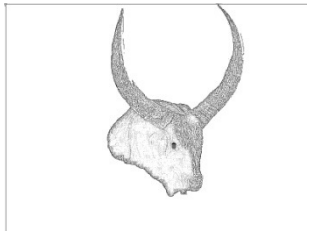
Le cheptel local doit pouvoir transhumer, il faut donc soigneusement préparer les zones d'accueil (au nord du bassin arachidier par exemple) et disposer de réserves pour le bétail le plus vulnérable. Il faut envisager des modalités spécifiques pour une **transhumance très organisée** du cheptel septentrional national ou étranger qui ne peut être reçu que pour boire au forage et progresser plus au sud, si possible dans des couloirs prévus et aménagés. Il faut veiller à une bonne gestion de tout le périmètre très fragilisé

autour du forage et à l'utilisation des ligneux fourragers. Disposer de foin ou de fourrage sur pied, ainsi que de compléments, pour assurer l'alimentation du troupeau qui restera sur place (le 1/12 de l'effectif total). Veiller à une organisation de déstockage du cheptel (allégement de la charge) en organisant le marché de la viande et en encourageant des prix incitatifs. Assurer une bonne gestion des ressources en eau et un fonctionnement satisfaisant du forage (prévention des pannes).

11.4 – En guise d'épilogue

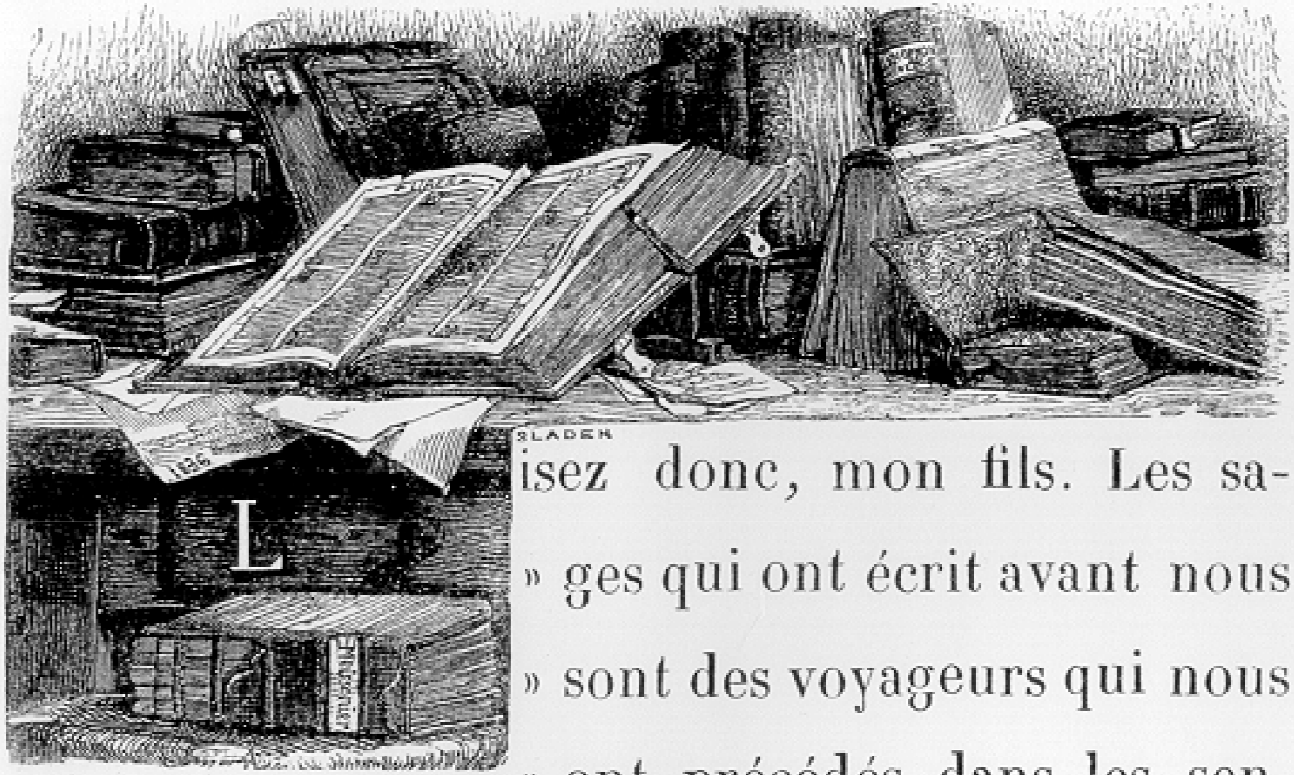
Pour terminer, nous reprendrons la conclusion que DAVIES, le grand « pratologue » britanique, donnait à une de ses conférences : *I must now close my address. I can only hope that you have enjoyed [reading] to me half as much as I have enjoyed the giving of it. The subjet is one which is very close to my heart. I believe that the ecological significance of the work many of you are doing as grassland agronomists, may ultimately outweight in scientific achievement any material good that by your efforts we may do the farmer of the world.*

However that may be, I feel convinced after that we, as agronomists, have got to keep our grassland work in its proper and correct perspective in relation to the ecology of plant communities taken as a whole.



Chapitre 12

Bibliographie



isez donc, mon fils. Les sa-
» ges qui ont écrit avant nous
» sont des voyageurs qui nous
» ont précédés dans les sen-
» tiers de l'infortune, qui nous tendent la main,

A

ABATOUROV, B., 1984 - Les animaux phytophages comme facteur de la productivité biologique des pâturages, in NETCHAYEVA, 1984a : 91-99.

ABERDEEN, J., 1954 - Estimation of basal area or cover area in plant ecology, *Aust. J. Sci*., 17 :35-36.

ABERDEEN, J., 1958 –The effect of quadrat size, plant size and plant distribution on frequency estimates in plant ecology, *Aust. J. Bot.*, 6 : 47-58.

ABERLIN, J.P. & DAGET, Ph., 2003, Etablir et comparer les spectres biologiques de plusieurs groupements végétaux, *Rev.. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 56, 1-2 : 57-61.

ACCT, 1977 - *Dictionnaire d'agriculture*, La maison rustique, Paris, 219 p.

ACHOUR, H., 1983 – *Etude phytoécologique des formations à Alfa (Stipa tenacissima L.) du sud oranais*, Thèse de spécialité, USTHB, Alger, 216 p.

ACHOUR, H., AIDOUD, A., AIDOUD, F., BOUZENOUNE, A., DAHMANI, M., DJEBAILI, S., DJELLOULI, Y., KADIK, L., KHELIFI, H., MEDIOUNI, K., NEDJRAOUI, D., CELLES, J.C., POISSONET, J., & TOUFFET, J., 1983 - Carte de l'occupation des terres de l'Algérie, Carte pastorale de l'Algérie, Notice des feuilles de El Aricha, El Kreider, El Bayadh, Dj. Arar, Mécheria, Brezina, Beni Ounif, Aïn Sefra, *Biocénose*, 2, 1-2 : 1-132.

A.C.T.A., 1964 - *Clé de détermination de quelques graminées au stade herbacé*, A.C.T.A., Paris, 2 p.

ADAM, J.G., 1970 - Noms vernaculaires des palntes du Sénégal, *J. Agric. Tropic. et Bot. Appliquée*, 17, 7/9 : 1-112.

ADAM, E., 1988 - Chiens de prairie - Câlins pour mots de passe, *Terre sauvage*, 24 : 68-73.

ADAMS, J. & ARKIN, C., 1977 - A light interception method for measuring row crop ground cover, *Soil Sci. Am. J*., 41 : 789-792.

ADJAKIDJÉ, V., 1984 - *Contribution à l'étude botanique des savanes guinéennes de la République populaire du Bénin*, Thèse de 3° cycle, Univ. Bordeaux III, 245 p.

ADLER, F., s.d. - Aspects of the evaluation of herbage species and varieties in animal production experiments, *Proc. IXth Int. Grassl. Congr.* : 1477-1481.

A.F.P., 1989 - Sylvopastoralisme : intégrer les activités pastorales et forestières, *Bull. A.F.P.,* 17 : 3-15.

AIDOUD, A., 1983 - *Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud oranais : phytomasse, productivité primaire et applications pastorales*, Thèse, Univ. Sci. Tech. H. Boumedienne, Alger, 245 p.

AIDOUD, F., DAHMANI, M., DJEBAILI, S. & KHELIFI, H., 1982 - Synthèse écologique sur la végétation des hautes plaines de la Wilaya de Saida, *Biocénose*, 1, 2 : 133-188.

AIDOUD, A., NEDJRAOUI, D. & TOUFFET, J., 1982 - Biomasse végétale et minéralomasse dans un faciès à Armoise blanche du sud-oranais, *Biocénose*, 1, 1 : 61-78.

AIDOUD, A., NEDJRAOUI, D., DJEBAILI, S. & POISSONET, J., 1982 - Evaluation des ressources pastorales dans les Hautes plaines steppiques du sud oranais : productivité et valeur pastorale des parcours, *Biocénose*, 1, 2 : 43-62.

AITCHINSON, J. & BROWN, J., 1966 - *The lognormal distribution with special reference to it in economics*, Univ. Press, Cambridge, 176 p.

AKPO, L., 1990 - *Dynamique des systèmes écologiques sahéliens : Structure spécifique, productivité et qualité des herbages, Le forage de Widdu Thiengoly*, Mémoire DEA, Dakar, 55 p.

AKPO, L., 1992 – *Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien – Les déterminants écologique*s, Thèse, Univ. Cheikh Anta Diop, Dept. Biol. Végét., Dakar, 174 p.

AKPO, L., GASTON, A. & GROUZIS, M., 1995 – Structure spécifique d'une végétation sahélienne. Cas de Wiidu Thiengoli (Ferlo, Sénégal) *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Adansonia*, 1-2 : 30-52

AKPO, L., MASSE, D., GROUZIS, M., 2002 - Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal, *Revue Elev. Méd. Vet. Pays trop*., 55, 4 : 275-283

ALCOCK, M. & LOVETT, J., 1967 - The electronic measurement of the yield of growing pasture, *J. Agric. Sci. Camb*., 68 : 27-38.

ALCOCK, M. & LOVETT, J., 1966 - *An electronic instrument for estimation of pasture yield*, 2p. roneo.

ALCOCK, M. & LOVETT, J., 1967 - The electronic measurement of yield of growing pasture, *J. Agric. Sci. Camb*., 68 : 27-38.

ALCOOCK, M., LOVETT, J. & MACHIN, D., s.d. - Techniques used in the study of the influence of environment on primary pasture production in hill and lowland habitats. ? : 191-203.

ALEKSEENKO, L., 1968 – The productivity of meadow coenoses and their leaf area, *Botanical Zurnal*, 73, 5 : 79-88.

ALEKSENKO, L., 1964 - (Quelques problèmes dans l'étude de la structure du peuplement des phytocénoses herbacées), Bot. Jur., 49, 1 : 65-74 (en russe)

ALEXANDER, C., SULLIVAN, J. & McCLOUD, D., 1962 – A method for estimating forage yields, *Agron. J.*, 54 : 468-469.

ALIBES, X. & TISSERAND, J.L. Edit., 1990 - Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéenne, *Options méditerranéennes*, Série B, Inst. Agron. Médit., Saragosse et Centre Inter. Htes Etudes Médit., Montpellier, 137p

AMANDIER, L., 1973 - *Bases phyto-écologiques pour l'aménagement du paysage du massif des Albères*, A.R.E.E.A.R., Montpellier, 144p.

AMANDIER, L., DUREAU, R., JOFFRE, L.M., JOFFRE, R., LAURENT, J.L., 1983 - *Eléments pour un zonage agro-sylvo-pastoral de la Corse*, Serv. Rég. Aménagement Forest., Ajaccio, 78 p.

AMANE, A., 1973 - *Contribution à l'étude de la structure de la garrigue à Quercus coccifera*, Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 45 p.

AMELLA, A. & FERRER C., 1977 - Utilizacion de un metodo fitologico en la determinacion del valor nutritivo de pastos, *Ann. Fac. Veter. (Zaragoza*), 12, 11 : 473-482.

Amer. Soc. Agron., Edit., 1963 - *Pasture and range research techniques*, Comstock Publ. Ithaca, 300 p.

ANDRIES, A., 1950 - L'appréciation dans la pratique de la valeur agricole des herbages par l'examen de leur composition botanique, *Rev. Agric*., 3, 12 : 1302-1316.

ANDRIES, A., 1954 - La cartographie des prairies en belgique, *Actes Conf. Europ. Herbages*, Oece, Paris : 28-30.

ANDRIES, A., 1956 - La cartographie botanique des prairies, I. Carte des prairies de la région herbagère Fagne, *Rev. Agric*., 9, 2 : 1-37.

ANDRIES, A. & VAN SLIJCKEN, A., 1965 - The effect of different improvement methods on botanical composition of permanent pastures, *Neth. J. Agric. Sci*., 13, 2 : 114-119.

ANDERSON, D., 1965 – Studies on structure in plant communities – I. An analysis of limestone grasslands in derbyshire, *J. Ecol*., 53, 3 : 97-108.

ANDERSON, K., 1942 - A comparison of line transects and permanent quadrats in evaluating composition and density on tall-prairie grass-type, *J. Amer. Soc. Agron*., 34 : 805-822.

ANGELONE, A., TOLEDO, J., BURNS, J., 1980 - Herbage measurements in situ by electronics. 1. The multiple trope type capacitance meter : a brief review, *Grass and forage Sci*., 35, 1 : 25-34.

ANGELONE, A., TOLEDO, J., BURNS, J., 1980 - Herbage measurements in situ by electronics. 2. Theory and design of an earth plate capacitance meter for estimating dry matter, *Grass and Forage Sci*., 35, 2 : 95-104.

ANGHEL, G. Edit., 1977 - Pajstile din platforma bran, Casa Agrom., Brasov, 150 p.

Ann., 1952 - Grass and grassland, H.M.S.O., Londres, 114 p. (Rédition, 1963).

Ann., 1955 – *Méthodes d'analyse des herbages en usage en France*, Document N° DT/A/AG/250, 6 p.

Ann., 1959 - *Votre prairie est-elle en bonne santé*, Saint-Gobain, Paris, 23 p.

Ann., 1963 - *Cattle of Britain*, H.M.S.O., Londres, 75 p.

Ann., 1965 - Valeur fourragère et amélioration des prairies de montagne, *Bull. Tech. Min. Agric*., Paris, 240 : 4p.

Ann., 1983 - *Comment gèrer le pâturage*, ITEB, Paris, 64 p.

Ann., 1987 a- Les races bovines françaises, *Bull. Elevage Français*, NS : 16-45.

Ann., 1987 b- Les races caprines françaises, *Bull. Elevage Français*, NS : 66-69.

Ann., 1987 c- Les races ovines françaises, *Bull. Elevage Français*, NS : 46-65.

Ann., 1987 d- Les races porcines françaises, *Bull. Elevage Français*, NS : 72-77.

Ann., 1988 - La viande à l'herbe en Normandie, "*Le point sur...",* ITEB, Paris, 48 p.

Ann., 1991 - *LAI-2000 plant canopy analyzer*. 14 p.

ANTROPOV, V. & KAVODINE, A., 1984 - Evaluation des pâturages à l'aide de l'analyse d'information, in NETCHAYEVA, 1984a : 75-84.

ANWAR KHAN, Ch., 1974 - New adjustable, decimal, collapsible quadrat vs three old quadrat -an evaluation, *J. Rg. Mgt*., 27, 1 : 71-75.

ARBELOT, B., 1993 – *Prédiction de la valeur nutritive des feuilles de fourrage ligneux tropicaux*, Mémoire de DEA, INA-PG, Grignon, 25 p.

ARCHIBALD, E. et al., 1940 - *L'amélioration des pâturages dans l'est du Canada*, Ministère de l'agriculture, Ottawa,Publication n°602, Bulletin du cultivateur, 51, 72 p.

ARCHIBALD, E., 1952 - A possible method for estimating the area covered by the basal part of plants, *S. Afr. J. Sci*., 48 : 286-292.

AREU y PIDAL, J.M., ? – Metodo de Klapp, Koenig y Stahlin para expressar el valor alimentico de un pastiza, Photocopie de *Montes* : 603-606.

ARES, J. & SING, J., 1974 - A model of the root biomass dynamics of a shortgrass prairie dominated by bluegrama (Bouteloua gracilis), *J. App. Ecol*., 11 : 727-743.

ARMSTRONG, S., 1907 - The botanical and chemical compositions of the herbage of pastures and meadows, *J. Agric. Sci*., 2 : 292 et sq.

ARNAUD, R., MONTARD, F.X. de & NIQUEUX, M., 1978 - Influence du mode d'exploitation sur la production d'une prairie permanente en altitude, Fourrages, 75 : 29-54.

ARNOLD, P., HUNTER, F. & GONZALEZ-FERNANDEZ, P., 1976 - Long-term grassland experiments at Cockle-Park, *Ann.* Agron., 27, 5-6 : 1027-1042.

ARNY, A., 1944 - Alfalfa and grass percentage determination with inclined point apparatus at different stages of developpement of the mixture, *J. Amer. Soc. Agron*., 36 : 996-998.

ARNY, A. & SCHMID, A., 1942 - A study of the inclined point quadrat method of botanical analysis of pasture mixtures, *J. Amer. Soc. Agron., 34 : 238-247.*

ARRHENIUS, O., 1918 - En studie Over yta och arter, *Sv. Bot. Tidskr*., 12 :...

ARRHENIUS, O., 1920 - Distribution of the species over the area, *Medd. fr. K. Vet. Akad. Nobelinstitut*, 4, 7 : ...

ARRHENIUS, O., 1921 - Species and area, *J. Ecology*, 9 : 95-99.

ARRHENIUS, O., 1923 – A new method for the analysis of plant communities, *J. Ecology*, 10 : 185-199.

ATTILA, K., 1979 - *Indicatori biologici ecologici si economici ai florei pajistilor*, Stat. Cent. Certari Pentru Cultura Pajstilor Magurele, Brasov, 50 p.

ATTIWILL, P., 1962 – Estimating branch dryweight and leaf area from measurements of branch girth in Eucalyptus, *Forest Sci*., 8 : 132-141.

AUBREVILLE, A., 1957 - Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation, *Bois Forêts Trop*., 51 : 23-27.

AUBREVILLE, A., 1961 - Classification des formes biologiques des plantes vasculaires en milieu tropical, *Adansonia*, 3, 2 : 221-226.

AUBREVILLE, A., 1965 - Principes d'une systématique des formations végétales tropicales, *Adansoni*a, 5 : 153-196.

AUDRU, J., CESAR, J. & LEBRUN, J.P., 1994 - *Les plantes vasculaires de la république de Djibouti, Flore illustrée*, CIRAD-EMVT, Maisons Alfort, 3 vol.

AYIKO, L., 1975 - Stade écologique - Etat actuel et tendance évolutive des pâturages - Valeur des espèces indicatrices, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA, Addis Abeba : 175-176.

AYIKO, L., 1975 - Détermination des potentiels d'amélioration des terrains de parcours, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA , Addis Abbeba : 277-280.

Annonyme, 2008 – Mesurer l'alimentation au pâturage, Inra, Petit-Bourg

www.antilles.inra.fr/mesurer_l_alimentation_au_paturage/les_recherches/unité_de_recherche_en_productions_animales.html

B

BAARS, J. & DYSON, C., 1981 – Visual estimates of available herbage on hill country sheep pastures, *N.Z. J. of esp. Agric*., 9 : 157-160.

BACK, H., 1968 - An evaluation of an electronic instrument for pasture yield estimation, *J. Br. Grassl. Soc*., 23 : 216-222 ; 24,2 :168-172.

BACK, H., ALDER, F. & GIBBS, G., 1969 - An evaluation of an electronic instrument for pasture yield estimation, 2-Use with double sampling for regression estimation*, J. Br. Grassl. Soc*., 24, 2 : 168-172.

BAH, M., 1985 - *Suivi de l'évolution du recouvrement des herbacées et de la valeur pastorale dans les parcours de garrigue (Causse de la Selle),* Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 31 p.

BAIZE, D. & JABIOL, B., 1995 - *Guide pour la description des sols*, Edit. INRA, Versailles, 338 p.

BAKER, B., EYNDEN, T. & BOGGESS, 1981 – Hay yield determinations of mixed swards using a disk meter, Agron. J., 69 : 393-396.

BAKER, H., 1963 - L'enregistrement des données relatives aux prairies, *Fourrages*, 16 : 95-103.

BAKER, R., 1964 - A comparison of the traditionnal method of calculating the utilized starch equivalent output of fields with a recommended quicker method, *J. Brit. Grassl. Soc*., 19, 1 : 156-159

BAKER, R. & PEARSON, H., 1981 – Plot delineation with a Pin-and-Chain, *J. Rg. Mgt*., 34, 4 : 336-337

BAKHUIS, J., 1960 – Estimating pasture production by use of grass lengh and sward density, *Neth. J. Agric. Sci*., 8 : 211-224.

BALENT, G., 1987 - *Structure, fonctionnement et évolution d'un système pastoral. Le pâturage vu comme un facteur écologique piloté dans le Pyrrénées centrales,* Thèse, Univ. Rennes I, Rennes, 146 p.

BALENT, G., DURU, M. & MAGDA, D., 1993 - Pratiques de gestion et dynamique de la végétation des prairies permanentes - Une méthode pour le diagnostic agro-écologique, in LANDAIS *et al.* : 283-301.

BANCE, J.F., ALARD, D. & FRILEUX, P.N., 1991 – Etude phytosociologique et agronomique des prairies permanentes de la vallée de l'Andelle, Doc. Phyto., NS, 13 : 105-140 .

BARBULESCU, C., BURCEA, P., MOTCA, Gh. & BARBULESCU, V., 1975 - *Certari privind telatile dintre solul si vegetatia pajistilor naturale din platforma Bran*, Inst. Agon. "Balescu", Bucarest, 25 p.

BARBULESCU, C. & MOTCA, Gh., 1983 – *Pasunile muntilor inalti*, Edit. Ceres, Bucarest, 238 p.

BARNARD, C. Edit., 1964 - *Grasses & grasslands*, MacMillan, N.Y., 269 p.

BARRY, J.P. & CELLES, J.C., 1992 - *Flore de Mauritanie*, Inst. Sup. Sci., Nouakchott, 2 vol.

BARTHRAM, G., 1981 - Sward structure and the depth of grazed horizon, *Grass and forage Sci*, 36 : 130-131.

BARTHRAM, G., 1992 – New equipment for determining the vertical distribution of herbage mass in swards, *III° BSG Research Conf., Brit. Grassl. Soc*. : 17-18.

BARTHRAM,, G., ELSTON, D. & BOLTON, G., 2000 – A comparison of three methods for measuring the vertical distribution of herbage mass in grassland, *Grass and Forage Sci*., 55 : 193-200.

BARTHRAM, G. & GRANT, S., 1994 – The efect of management and plant variety on the composition vertical structure and stock carrying capacity of Lolium perenne/trifolium repens swards, *Grass and Forage Sci*., 49 : 360-368.

BARTOS, D. & SIMS, P., 1974 – Root dynamics of a shortgrass ecosystem, *J. Rg. Mgt*., 27 : 33-36.

BASILE, J. & HUTCHINGS, S., 1966 - Twig-diameter-lengh-weight relations of bitterbrush*, J. Rg. Mgt*, 19 : 34-38.

BASKERVILLE, G., 1965 – Estimation of dry weight of tree components and total standing crop in conifer stands, *Ecology*, 46 : 867-869.

BAUMGARDT, B. & HI KON OH, 1965 – Estimation of forage digestibility methods, *J. Dairy Sci*., 48 : 824-830.

BECHET, G., NEDJRAOUI, D. & DJEBAILI, S., 1982 - Valeur énergétique des principales espèces des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saïda, *Biocénose*, 1, 2 : 79-94.

BECHIR, A., SECKA, Y., CESAR, J., DASSERING, O., YOSKO, Y., POILECOT, P. & OUADJONNE, I., 2005 – Suivi écologique autour des aménagements hydrauliques du projet Almy Bahaim, *Comm 4° journées agro-sylvo-pastorales de Farcha* (Tchad), 6 p.

BECKING, R., 1957 – The Zurich-Montpellier school of phytosociology, *Bot. Rev.,* 23 : 411-488.

BEDAREV, S. & PLISSAK, R., 1984 - Prévision des variations et du rendement des prés de fauche et de pâturage, in NETCHAYEVA, 1984b : 37-46.

BEHAEGHE, T. & COTTENIE, A., 1976 - Aspects botaniques de l'évolution à longue échéance de l'état nutritif du sol, *Ann. Agron.,* 27, 5-6 : 819-830.

BEHNKE, R. & SCOONES, I., 1992 – Rethinking range ecology : Implications for rangeland management in Africa, Paper n° 33, IIED, Woburn (GB), 43 p.

BELON, S., CHATELIN, M., GUERIN, G., HAVET, A. & MOREAU, J.C., 1995 - Analyse de la conduite du pâturage au printemps, *Fourrages*, 141 : 33-55. 199.

BELON, S. & GUERIN, G., 1992 - Un outil de pilotage des parcelles pâturées : le "carré fixe", *Fourrages*, NS :178-179.

BENOIT, M., GIRARD, C. & VAUBERNIER, E. de, 1988 - Comparaison du comportement spectral de prairies permanentes en Lorraine avec leur type d'utilisation, *Agronomie*, 8, 3 : 265-272.

BENZECRI, J.P., 1973 - *L'analyse des données*, Dunod, Paris, 2 vol.

BERANGER, C. & MICOL, D., 1981 – Utilisation de l'herbe par les bovins au pâturage – Importance du chargement et du mode d'exploitation, *Fourrages*, 85 : 73-93.

BERAZAIN-ITURRALDE, R., 1976 – Contribucion al estudio de la classificacion de la vegetacion, *Ciencias* (Univ. La Habana), ser 10: Botanica, 9 : 10 20.

BERETTA, E., 1988 - Investigacion en ecologia de pasturas naturales para la produccion ganadera, I.N.I.A., Montevideo, 34 p.

BERETTA, E., 1990 - Tecnicas para evaluar la dinamica de pasturas naturales en pastoreo, *Comm. XI reuniao do grupo tecnico regional do cone sul melhoramento e utilizacao dos recursos forrageiros das areas tropical e subtropical*, Lages, Brésil, Nov. 1989 : 129-147.

BERETTA, E. & CADENAZZI, M., 1989 - Descripcion de metodos empleados en evaluacion de pasturas con animales, *Comm. X Reuniao do grupo tecnico regional do cone sul melhoramento e utilizacao dos recursos forrageiros das areas tropical e subtropical,* Cosquin, Argentine, Nov. 1988 : 57-58.

BERNARD-BRUNET, J.. & BORNARD, A., 2004 – Outils pour les diagnostics pastoraux et la gestion des milieux pâturés d'altitude, *Ingéniereries*, NS : 69-80.

BERNARD-BRUNET, J., DUBOST, M. & JOUGLET, J.P., 1983 - Le fonctionnement d'un système pastoral in Coll., 1983 : 117-167.

BERNARD-BRUNET, J., DUBOST, M. & BORNARD, A., 1987 - *Utilisation de la télédétection spatiale pour la classification des surfaces pastorales d'altitude*, CEMAGREF - INERM, Grenoble, 49 p.

BERNUS, E., 1991 – *Touaregs, Chronique de l'Azawak,* Editions Plume, Paris, 176 p.

BERTILLER, M., 1984 - Species primary productivity dynamics in arid ecosystems : a case study in Patagonia, Argentina, Acta Oecol., Oecol. Gener., 5, 4 : 365-381. BARNES, D., LLOYD, B. & McNeill, L., 1976 - The use of shoot dimensions to estimate the feaf mass or leaf area of certain indigenous trees of Rhodesia, *Proc. Grassl. Soc. Sth. Afr.*, 11 : 47-50.

BARRY, J.P., BOUDET, G., BOURGEOT, A., CELLES, J.C., COULIBALY, A.M., LEPRUN, J.C. & MANIERE, R., 1983 - *Etude des potentialités pastorales et de leur évolution en milieu sahélien au Mali*, ACC-GRIZA/LAT/DGRST. Paris, 116 p.

BERTOLETTI, L., 1967 - Méthode d'analyse floristique, Note N° 30, ITCF, Paris, 2 p.

BERTRAND, R., FALIPOU, P. & LEGROS, J.P., 1979 - *Notice pour l'entrée des descripteurs et analyses de sols en banque de données*, INRA-IRAT, STIPA-1979, 119 p.

BERTRAND, R., FALIPOU, P. & LEGROS, J.P., 1979 - *Memento de terrain pour la codification des variables relatives à l'environnement et au profil synthétique*, INRA-IRAT, STIPA-1979, 15 p.

BIDAULT, J., sd - *Genre Festuca L. - Clé des espèces françaises*, Univ. Besançon, Lab de Phytosociologie, 9 p.

BILLON-GALLAN, G., 1970 - *Le potentiel fourrager des alpages, son évaluation*, CEMAGREF, Inst. Nat. Etudes Rurales Mont., Grenoble, 264 p.

BILLE, J.C., 1967 - *Expérimentation agrostologique en République centrafricaine*, Etudes agrostologiques N° 21, IEMVT, Maisons-Alfort, 246 p.

BILLE, J.C., 1968 – *Etude agrostologique des pâturages de la région des savanes (République du Togo),* IEMVT, Maison Alfort, 81 p.

BILLE, J.C., 1969 - *Pâturages et cultures fourragères en Afrique intertropicale*, IEMVT, Maisons-Alfort, 218 p.

BILLE, J.C., 1975 - Mesure de la production herbacée en zone sahélienne, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abeba* : 159-162.

BILLE, J.C., 1977 - *Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien*, Trav. et Doc. ORSTOM, N° 65 : 81 p.

BILLE, J.C., 1978 - *Development of a methodology for the ecological monitoring of range trends in Kenya*, Int. Livestock Centre for Africa, Nairobi, 27 p.

BILLE, J.C., 1980 - Measuring the primary production of browse plants, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA, Addis-Abeba : 185-196.

BILLE, J.C., 1984 - *The determination of rangelands productivity from AVHRR (NOAA satellite) data in southern Ethiopia*, 120 p.

BILLE, J.C., 1986 - The measurement of changes in tropical rangelands ecosystems, *Comm. II Int. Rang. Congr., Adelaide* : 525.

BILLE, J.C., 1992 – *Réparateur de pâturages,* L'Inventaire, Paris, 346 p.

BILLE, J.C., LEBRUN, J.P. & RIVIERE, R., 1968 – *Pâturages et cultures fourragères en Afrique intertropicale*, IEMVT, Maisons Alfort, 218 p.

BILLE, J.C., BOUDET, G., LEBRUN, J.P. & RIVIERE, R., 1970 – *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*, IEMVT, Maisons Alfort, 183 p.

BILLE, J.C. & POUPON, H., 1972 - Description de la végétation, in Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal, *La Terre et la Vie*, 26, 3 : 332-350.

BILLE , J.C. & POUPON, H., 1974- Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : La régénération de la strate herbacée, La terre et la vie, 28,1 : 21-48,

BITTERLICH, W., 1948 - Die Winkelzahlprobe, *Allgemeine Forst und Holzwirtschaftliche Zeitung*, 59, 1-2 : 4-5.

BLACKMAN, G., 1935 – A study by statistical methods of the distribution of species in grassland association, *Ann. Bot. Lond*., 49 : 749-777.

BLAGOVESHCHENSKY, V., 1978 - In defence of Drude scale, *Botanical Zurnal*, 63, 12 : 1819.

BLAIZE, D. & JABIOL, B., 2011 – *Guide pour la description des sols*, Quae, Paris, Coll. Savoir Faire, 432 p.

BLANFORT, V., 1991 - *Contribution à l'établissement d'un bilan fourrager pour trois terroirs agropastoraux de Casamance (Sénégal),* CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort, 165 p.

BLONDEL, J. & CUVILLIER, R., 1977 - Une méthode simple et rapide pour décrire les habitats d'oiseaux : le stratiscope, *Oïkos*, 29 : 326-331.

BONHOMME, R., 1976 - Détermination des profils d'indices foliaires et de rayonnement dans un couvert végétal à l'aide de

BOITEL, A., 1886 - *Herbages et prairies naturelles*, F. Didot, Paris, 786 p.

, 245 p.

BLONDEL, J., FERRY, C. & FROCHOT, B., 1973 - Avifaune et végétation, essai d'analyse de la diversité, *Alauda*, 41, 1 : 3-84.

BLONDEL, J., FERRY, C. & FROCHOT, B., 1981 - Point counts with unlimited distance, *Studies in avian biology*, 6 : 414-420.

BLOUARD, R. & DESHUYTENER, G., 1962 - L'échantillonnage dans les prairies par la méthode du "poids sec", *Bull. Inst. Agron. Gembloux*, 30, 1-2 : 7-29.

BODE, S., 2004 – *Pratiques pastorales et biodiversité des parcours dans le canton de Dantchandou*, Mém. DESS, C.R.E.S.A., Univ. Abdou Moumouni, Niamey, 59 p.

BOHM, W., 1979 – *Methods for studying root system*. Springer, Berlin, 1 vol.

BONHAM, Ch., 1976 - An optimum sampling strategy for plant species frequencies, *J. Rg. Mgt*., 29, 2 : 160-165.

BONHOMME, R., 1970 - Application de la technique des photographies hémisphériques in situ à la mesure de l'indice foliaire, in HALLAIRE M. Edit. :501-505.

photographies hémisphériques faites in situ, *Ann. Agron*., 27, 1 : 33-59.

BOOTH, W., 1943 - Tripod method of making chart in quadrat, *Ecology*, 24 : 262.

BORNARD, A. & BRUNET, J.B., 2005 – Typologie et cartographies agro-écologiques et physionomies régionales. Des outils pour estimer les ressources pastorales de montagne, *Pastum*, 77 : 34-41.

BORNARD, A. & DOREE, A., 1981 - *Améliorations pastorales : l'alpage de Cruet (Haute Savoie) - Bilan des 4 années de remise en valeur*, CEMAGREF, Inst. Nat. Etudes Rurales Mont., Doc N° 168, 88 p.

BORNARD, A. & DUBOST, M., 1987 – *Exploitation de pelouses et de landes subalpines par des bovins et des ovins*, C.R. de recherche n°211, Cemagref, Grenoble

BOSSER, J., 1969 – *Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar*, Mémoire ORSTOM n°35, ORSTOM, Tananarive, 400 p.

BOSSUET, L., DURU, M. & FRANCH, F., 1992 – Automatisation de « sward-stick » pour les mesures de hauteur de couverts végétaux au champ, *Fourrages*, 131 : 301-306

BOUDET, G., 1970 - *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*, Min. de la Coop., Paris et IEMVT, Maisons-Alfort, 254 p. rédition 1975 ; revu, corrigé et augmenté 1991 pour La Documentation française, Paris, 266 p.

BOUDET, G., 1974 - *Les pâturages et l'élevage au Sahel*, Notes techniques MAB/UNESCO : 29-33 BOUDET, G., 1975 – Inventair et cartographie des pâturages en Afrique de l'Ouest , *Actes Coll. Bamako, ILCA*, Addis Abeba : 57-77.

BOUDET, G., 1975 - Problèmes posés par l'estimation de la capacité de charge d'un pâturage naturel tropical, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako, ILCA*, Addis Abeba : 265-268.

BOUDET, G., 1977 - Pâturages de la zone tropicale humide. Connaissances acquises et besoins de recherches complémentaires, *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop*., 30, 2 : 175-180.

BOUDET, G., 1983 – *Systèmes de production d'élevage au Sénégal – Etude du couvert herbacé*, Compte-rendu de fin d'étude ACC-GRIZA, Cirad-Iemvt, maisons Alfort, 27 p.

BOUDET, G., 1977 - Contribution au contrôle continu des pâturages tropicaux en Afrique occidentale, *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop*., 30, 4 : 384-406.

BOUDET, G., 1984 - Recherche d'un équilibre entre production animale et ressources fourragères au Sahel, in La sécheresse au Sahel, *Bull. Soc. lang. Géogr*., 18, 3-4 : 167-178.

BOUDET, G. 1984 - *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*, 4ème Edit., Min. Rel. Ext., Paris et IEMVT, Maisons-Alfort, 261 p.

BOUDET, G., 1987 - *Connaissance et gestion de l'espace pastoral sahélien, in Terroirs pastoraux et agropastoraux en zone tropicale, gestion, aménagement et intensification fourragère*, IEMVT, Maisons-Alfort : 1-60.

BOUDET, G. & BAYENS, F., 1963 - Une méthode d'étude et de cartographie des pâturages tropicaux, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 16, 2 : 191-219.

BOUDET, G. & DUVERGER, E., 1961 - *Etude des pâturages naturels sahéliens Le Hodh (Mauritanie),* Vigot, Paris, 160 p.

BOUDET, G., GASTON, A., MERIGOUT, P. & ROY, F., 1989 - Les relevés par points quadrats alignés et l'analyse multivariable pour le suivi de la valeur pastorale des parcours sahéliens, *Actes XVI Congr. Int. Herb. Nice*, A.F.P.F., Versailles : 1431-1432.

BOUDET, G. & RIVIERE, R., 1968 - Emploi pratique des analyses fourragères pour l'appréciation des fourrages tropicaux, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 21, 2 : 227-266.

BOUQUIGNY, C., 1980 - *Structure et évolution d'un Phillyretum sur un pâturage de Camargue*, D E A, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 62 p.

BOURBOUZE, A., 1980 - Utilisation d'un parcours forestier pâturé par les caprins, *Fourrages*, 82 : 121-144.

BOURBOUZE, A., 1982 - Utilisation de la végétation de type méditerranéen par les caprins, *Fourrages*, 92 : 91-106.

BOURZAT, D., 1989 – *Les petits ruminants dans les systèmes de production des zones arides et semi-arides de Somalie et du Burkina Faso*, , Thèse Univ paris XII et Cirad-Emvt, maisons Alfort, 313 p.

BOSSER, J. 1969 – *Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar*, Mémoires ORSTOM, n°35, ORSTOM, Tananarive, 440p;.

BOUTOT, L. & BALENT, G., 1989 - Flore : un logiciel de saisie de relevés de composition botanique pour microordinateur portable, *Fourrages*, 117 : 65-76.

BOUXIN, G., 1974 - Distribution des espèces dans la strate herbacée au sud du parc national de l'Akagera (Rwanda, Afrique centrale), *Oecol. Plant.,* 9, 4 : 315-332.

BOUZILLE, J., DUPONT, P. & VERTES, F., 1988 - Quelques données sur la valeur fourragère des prairies subhalophiles thermo-atlantiques, recherches de l'optimum d'utilisation, *Coll. Phytosociologiques de Paris* : 395-411.

BRANSBY, D., MATCHES, A. & KRAUSE, G., 1977 - Disc meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials, *Agron. J.,* 69 : 393-396.

BRAUN-BLANQUET, J., 1928 - *Pflanzensoziologi*e, Berlin, trad. FULLER & CONNARD, 1932, Plant sociology, McGraw Hill, N.Y., 439 p.

BRAUN-BLANQUET, J., 1955 - Clef écologique pour déterminer les classes, ordres et alliances phytosociologiques du Midi méditerranéen, *Comm. SIGMA*, N° 132, Montpellier, 25 p.

BRAUN-BLANQUET, J., 1963 - *Pflanzensoziologie*, Springer, Berlin., 865 p.

BRAUN-BLANQUET, J. & PAVILLARD, J., 1928 - *Vocabulaire de sociologie végétale*, Imp. Déhan, Montpellier, 23 p.

BRAUN-BLANQUET, J., ROUSSINE, N. & NEGRE, R., 1952 - *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*, Cnrs, Paris, 298 p. + annexes.

BRAU-NOGUE, C., FILY, M., COGNET, Ch., BASSI, I. & REDON, S. de, 2005 – La cartographie des faciès de végétation : intérêt, modalités de résolution et valorisation ; illustration à partir de travaus dans les Pyrénées, *Pastum*, 77 : 20-24.

BRIQUET, J., 1893 - Les méthodes statistiques applicables aux recherches floristiques, *Bull. Herb. Boissier*, 1 : 133-158.

BREMAN, H., 1975 - La capacité de charge maximale des pâturages maliens, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako,* ILCA, Addis Abeba : 249-256.

BROYER, J., 1997 - Incidences des fenaisons tardives sur la valeur nutritive des fourrages dans les prairies inodables de la vallée de la Saone, *Fourrages*, 150 : 225-234.

BROWN, D., 1954 - *Methods of surveying and measuring vegetation*, Commonwealth Bur. Pastures and Field Crop, Hurley, 223 p.

BROWN, J., 1976 – Estimating shrub biomass from basal stem diameters, *Canad. J. Forest*., 6 : 153-158.

BRUCE, D., 1955 - A new way to look at trees, *J. Forest*., 53 : 163-167.

BRUN, J. & BOX, T., 1963 - A comparison of line intercepts and random point frames for sampling desert shrub vegetation, *J. Rg. Mgt*., 16, 1 : 21-25.

BRUNSCHWIG, G., 1990 - *Systèmes d'élevage extensif d'altiutde dans les Andes centrales du Pérou*, Thèse et masters N° 7, Inst. Agron. Médit., Montpellier, 368 p.

BRYANT, A., PARKER, O., COOK, M. & TAYLOR, M., 1971 – An evaluation of the performance of the capacitance meter for estimating the yield of dairy pastures, *Proc. N.Z. Grassld. Ass*., 33 : 83-89.

BUCKLAND, S., BORCHERS, D. et al., 2007 – Line transect methods for plant surveys, *Biometrics*, 63 : 989-998.

BUCKLEY, D., REID, W. & VOLDENG, H., 1973 – A digital leaf-area measuring system using a television-scanned conveyor, *Canadian agricultural engineering,* 15, 2 : 107-109.

BURR, S. & TURNER, D., 1933 - *British economics grasses by leaf anatomy*, Ed. Arnold & Co, Londres

BURZLAFF, D., 1966 - The focal point technique of vegetation inventory, *J. Rg. Mgt*., 19, 4 : 222-223.

BYKOV, B., 1984 - Végétation des écosystèmes des déserts, leurs structure et principales tendances évolutives, in NETCHAYEVA, 1984a : 41-50.

BEREAU, M. & PLANQUETTE, P., 1991 – *Adventices de la prairies guyanaise*, INRA, Cayenne 30 p;

C

CABAZAT, C., 1975 - Recherche d'une méthodologie cartographique appliquée aux pâturages sahéliens, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA, Addis Abbeba, 345-348.

CAIN, S., 1950 – Life-forms and phytoclimate, *The Bot. Rew*., 16, 1 : 1-32.

CIIN, E. & BROCQ-ROUSSEU, D., 1912 – Traité des foins, Lie Baillière, Paris, 796 p.

CAIN, S. & de OLIVERA CASTRO, G., 1959 - Plotless sampling, in *Manual of vegetation analysis* : 133-134.

CALLEJA, M., DAGNELIE, P. & GOUNOT, M., 1962 – Etude statistique d'une pelouse à brachypodium ramosum et Phlomis lychnitis, *Bull. Serv; carte phytogéogr*., B, 7, 1 : 49-63 ; B, 7, 2 : 149-210.

CAMPBELL, N. & ARNOLD, G., 1973 - The visual assessment of pasture yield, *Aust. J. of Exp. Agri. and Anim. Husb*., 13 : 236-267.

CAMPBELL, A., PHILLIPS, D. & O'REILLY, E., 1962 – An electronic instrument for pasture yield estimation, *J. Brit. Grass. Soc.,* 17, 2 : 89-100.

CANFIELD, R., 1941 – Application de la line interception method in sampling range vagatation, *J.Forestry*, 39 : 338-394.

CANCELA DA FONSECA, J.P., 1968 - L'outil statistique en biologie du sol IV Corrélations de rang et affinités écologiques, *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 5,1 : 41-54.

CANFIELD, R., 1941 - Application of the line intercept method in sampling range vegetation, *J. Forest.,* 39, 4 : 388-394.

CAPUTA, J., 1956 - Les *plantes fourragères*, Payot, Genève, 198 p.

CAPUTA, J., 1966 - Production fourragère suivant l'altitude, *C.R. Congr. Int. Herb. Helsinski* : 26-37.

CAPUTA, J., 1966 – Contribution à l'étude de la croissance du gazon des pâturages naturels à différentes altitudes, *Rech. Agron. En Suisse*, 5, 3-4 : 393-426.

CAPUTA, J., 1969 - Potentialités fourragères en zone de montagne, *Comm. Journ. AFPF 1969* : 14 p.

CAPUTA, J. & CHARLES, J.P., 1978 - Quelques expériences sur les méthodes de pâture, *Fourrages*, 74 : 3-18.

CAPUTA, J. & SCEHOVIC, J., 1974 – Moutons sur le pâturage, *Rev. Suisse Agric*, 6, 2 : 37-41.

CARPENTER, L., WALLMO, O. & MORRIS, M., 1973 – Effect of woody stems on estimating herbage weights with a capacitance meter, *J. Rg. Mgt*., 26 : 151-152.

CARLES, J., 1978 – *Géographie botanique*, Que sais-je, PUF, Paris, 128 p.

CASHEN, R., 1947 – The influence of rainfall on the yield and botanical composition of permanent grass at Rothamsted*, ZZZ*, 37 : 1-10.

CASPER, N. 1977 - Seasonal variations of caloric values in herbaceous plants, *Oecologia,* 26 : 379-383 CASTLE, M., 1953 - La production herbagère et son évaluation au moyen de la vache laitière, *J. Brit. Grassl. Soc*., 8, 3 : 195-211.

CASTLE, M., 1965 - Methods of evaluating grassland production in temperate zones, *Herb. Abst*., 25, 1 : 1-9.

CASTLE, M., 1976 - A simple disc instrument for estimating herbage yield, *J. Brit. Grass. Soc*., 31 : 37-40.

CAZABAT, C., 1989 - A pocket computer program for collecting forage selection frequency data in field, *J. Rg. Mgt*., 42, 5 : 434-436.

CAZES, J.P., BARIBAULT, Ph., VALLADE, Ch. & LE BRIS, X., s.d., *Gérer le pâturage au quotidien avec l'herbomètre*, ITCF, Paris, 9p.

CAVIEDES, E., 1977 - *Valeur pastorale de la végétation des terrains de parcours du Montpellierais*, Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 57 p.

CESAR, J., 1970 - Clé empirique pour la determination des principales graminées de la savane de Lamto au stade végétatif, *Bull. Liaison des chercheurs de Lamto*, Juillet : 11-18.

CESAR, J., 1971 - Comparaison de qiuelques méthodes d'étude quantitative du système racinaire de la strate herbacée, *Bull. Liaison des chercheurs de Lamto*, Novembre : 19-26.

CESAR, J., 1975 - Tendances evolutives de quelques formations végétales sous l'influence du pâturage en savane guinéenne de Côte d'Ivoire, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA, Addis Abbeba, , 213-216.

CESAR, J., 1977 – L'estimation de la charge optimale des pâturages guinéens, in *Recherches sur l'élevage bovin en zone tropicale humide*, Ministère de la Recherche scientifique, Abidjan : 251-260.

CESAR, J., 1978 - *Les savanes du nord-est de la Côte d'Ivoire, Valeur pastorale et possibilité d'amélioration*, Inst. des Savanes, Centre de Rech. Zootech. de Minanko, Bouaké, 38 p.

CESAR, J., 1991 – Typologie, diagnostic et évaluation de la production fourragère des formations pastorales en Afrique tropicales, *Fourrages*, 128 : 423-442.

CESAR, J., 1982 - Contribution à l'étude de la composition floristique des savanes exloitées par coupe, *Rev. Elev. Méd. vét. trop*., 35, 4 : 435-442.

CESAR, J., 1992 - *La production biologique des savanes de Côte-d'Ivoire et son utilisation par l'homme*, Thèse, CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort, 672 p.

CESAR, J. 2005 – *l'évaluation des ressources fourragères naturelles*, Fiche n°17, Cirdes, Unité de recherche en production animale, Bobo-Dioulasso, 12 p.

CESAR, J. & DAGET, Ph., 1997 - Rechercher des limites écologiques dans une végétation, *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.,* 50, 2 : 153-156.

CESAR, J., DULIEU, D. & ZOUMANA, C., 1992 – *Etude pour le maintien de la fertilité des sols par l'élevage et les cultures fouuragères*, IEMVT, Maisons Alfort et IDESSA, Bouaké, 66 p.

CESAR, J. & GOURO, A., 2005 – *L'importance des ligneux à usage pastoral*, Fiche n° 6, Cirdes, Unité de recherche en production animale, Bobo-Dioulasso, 8 p.

CESAR J. & HAVET, A., 1986 – Influence du climat et des sols sur la production herbacée des savanes, *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 39, 3-4 : 453-461.*

CESAR, J. & ZOUMANA, C., 1995 - *Comparaison de troupeaux mono et pluri-spécifiques sur une végétation de savane soudanienne à Korhogo* (Côte d'Ivoire) , CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort,84 p.

CHALAYE, S., 1998 - *La valeur pastorale : son utilisation dans l'étude et la gestion des pâturages*, DESS, CIRAD-EMVT, Montpellier, INA, Paris, 38 p.

CHAMBRIS, F., 1988 - *Influence des pluies, du substrat et de l'exploitation animale sur la dynamique de pâturages herbacés sahéliens. Exemple du Ferlo septentrional, Sénégal, 6 années d'observations à Labgar*, Mémoire DAA. Ensam, Montpellier, 68 p.

CHARLES, J.P. & WETTSTEIN, J., 1983 – *Comparaison ovins-bovins sur un pâturage de montagne*, 3° Réunion sous-réseau FAO des herbages de montagne, 8 p.

CHESSEL, D. & BELAIR, G. de, 1974 - Mesure de la contagion vraie en échantilonnage par carrés dans l'analyse des populations végétales, *C. R. Acacémie des Sciences*, Paris, 277 : 1483-1486.

CHESSEL, D. & DEBOUIZE, D., 1974 - Mesure statistique de la dispersion spatiale des végétaux en échatillonnage systématique par présence-absence, *C. R. Acacémie des Sciences*, Paris, 278 : 2027-2030.

CHESSEL, D. & HUBERT, F., 1973 - L'échantillonnage continu par distances en milieu steppique, *C. R. Acacémie des* Sciences, Paris, 277 : 937-940.

CHOMBART de LAUWE, J. & POITEVIN, J., 1957 - *Gestion des exploitations agricoles*, Dunod, Paris, 222 p.

CHOMBART de LAUWE, J., POITEVIN, J. & TIREL, J.C., 1963 - *Nouvelle gestion des exploitations agricoles*, Dunod, Paris, 506 p.

CHRISTIDIS, B., 1930 - The importance of the shape of plots in field experimentation*, J. Agric. Sci.,* 21 : 14-37.

CINCOTTA, R., 1989 - A pocket computer program for collecting forage selection frequency data in the field, *J. Rg. Mgt.,* 42, 5 : 434-436.

CISSE, A., 1980 – The browse production of some tree of the sahel : relationships between maximum foliage biomass and various physical parameters, Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abeba : 205-210.

CISSE, A., 1987 - *Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone sud-sahélienne*, P.P.S., Wageningen, 211 p.

CISSE, M., 1990 - Les méthodes de suivi des variables fourragères du peuplement ligneux des parcours sahéliens, *C.R. Atelier sur les méthodes de suivi des ressources pastorales,* Bamako, CIPEA, Bamako, 10 p.

CISSE, M. & SACKO, B., 1978 - *Etude statistique de la liaison de la biomasse foliaire et de paramètres physiques chez quelques espèces sahéliennes*, C.I.P.E.A., Bamako, 109 p.

CLARK, A. et al. 2001 – *Nutrient requirements of dairy cattle,* Nat. Acad. Press, Washington DC, 382 p.

CLARKE, S. & EVANS, F., 1954 – Distance to the nearest neighbor as a mesure of spatial relationships in populations, *Ecology*, 35 : 445-453

CLARKE, S. & CURTIS, J., 1956 - The use of distance measures in phytosociological sampling, *Ecology*, 37, 3 : 451-460.

CLEMENTS, F., 1905 - *Research methods in ecology*, Woodruff & col., Lincoln, 175 p.

Coll. 1982 - *Thematic mapping with experimental color symbolism, Context*, Lab. for Comp. Graphics and Spat. Analysis, Harvard Univ., Cambridge, 83 :5-7.

Coll. 1982 - *An analysis of land-use over time*, Context, Lab. for Comp. Graphics and Spat. Analysis, Harvard Univ., Cambridge, 83 : 12-13.

Coll. 1983 - Pastoralisme montagnard, CEMAGREF, Inst. Nat. Etudes Rurales Mont., Doc n 188, 167 p.

Coll. 1986 - *Atlas agropastoral du Tchad*, C.T.A., Wageningen et IEMVT, Maisons-Alfort, .

Comité de l'alimentation et de l'agriculture, 1951 - *Résumé des méthodes utilisées pour déterminer la qualité des herbages* (France), O.E.C.E., Paris, Note DT/A/AG/250, 7 p.

CONANT, S. & RISSER, P., 1974 - Canopy structure of a tall-grass prairie, *J. Rg. Mgt*., 27, 4 : 313-318.

CONOVER, W., 1980 - *Practical nonparametric statistics*, 2ed., Wiley, N.Y., 493 p.

COOK, C. & BOX, T., 1961 - A comparison of loop and point methods of analysing vegetation, *J. Rg. Mgt*., 14 : 22-27.

COOK, C. & STUBBENDIECK, J., Edit., 1986 - *Range research : Basic problems and techniques*, Soc. Range Mgt., Denver, 317 p.

COOPER, Ch., 1957 - The variable plot method estimating shrub density, *J. Rg. Mgt*., 10, 3 : 111-115.

CORA, M. & DAGET, Ph., 1996 - Une utilisation des dénombrements dans l'analyse des ligneux des pâturages, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 49, 1 :74-75.

CORRE, J.J., 1961 – Une zone de terrains salés en bordure de l'étang de Mauguio – II – Etude du milieu et de la végétation, *Bull. Serv. Carte Phytogéogr*., B, 7, 1 : 11-47 +cartes

CORRELL, O., ISSELSTEIN, J. & PAVLU, V., 2003 – Studying spatial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities : the use of an extended rising-plate meter method, *Grass and forage sci*., 58 : 450-454.

CORNET, A., 1981 - Mesure de la biomasse et détermination de la production nette aerienne de la strate herbacée dans trois groupements végétaux de la zone sahélienne au Sénégal, *Acta Oecol. Oecol. Plant*., 2, 3 : 251-266.

CORRE, J.J., 1970 - La méthode des transects dans l'étude de la végétation littorale, *Bulletin Académie et société loraines des sciences*, 9, 1 : 59-79

CORRE, J.J., 1991 - *Utilisation du logiciel "ligne*", Institut de Botanique, Montpellier, 10 p. et 1 disquette.

COSTELLO, D. & KLIPPLE, G., 1939 - Sampling intensity in vegetation surveys made by the square-foot density method, *J. Amer. Soc. Agron*., 31 : 800-810.

COTTAM, G., 1947 – A point method for making rapid surveys of woodlands, *Bull. Ecol. Soc. Amer*., 28 : 60

COTTAM, G., CURTIS, J. 7 HALE, B., 1953 - Some sampling characteristics of a population on randomly dispersed individuals, *Ecology*, 34 : 741-757.

COTTAM, G. & CURTIS, J., 1956 - The use of distance measures in phytosociological sampling, *Ecology*, 37, 3 : 451-460.

COULIBALY, A., 1979 - *Approche phytoécologique et phytosociologique des pâturages sahéliens au Mali (région de Gourma),* Thèse, Univ. de Nice, 180 p.

COUREL, M.F., 1984 - *Etude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites*, Thèse Univ. Paris I, Paris, 408 p. + annexes.

COWLISHAW, S., 1951 - The effect of sampling cages on the yields of herbage, *J. Brit. Grassl. Soc.,* 6, 3 : 179 et sq.

COWLISHAW, S., 1969 - The carrying capacity of pastures, *J. Brit. Grassl. Soc.,* 24, 3 : 207-214.

COX, C. & BOX, T., 1961 - A comparison of the loop and point methods of analysing vegetation, *J. Rg. Mgt*., 14, 1 : 22-27.

COZIC, P., 1987 - *Une méthode de diagnostic pastoral : de la composition de la végétation à la charge animale à préconiser*, Comptes rendus de recherches, FAO-CEMAGREF, 211

CRAMPTON, F., DONEFER, E. & LLOYD, L., 1960 - Nutritive value index for forages, *Proc. VIII Int. Grassl. Congr*. : 462-466.

CROCKER, R. & TIVER, N., 1948 - Survey methods in grassland ecology, *J. Brit. Grassl. Soc*., 3 : 1-26.

CULLEY, M., 1938 - Densimeter, an instrument for measuring the density of ground cover, *Ecology*, 19 : 588-590.

CURASSON, G., 1953-58 - Etude sur les pâturages tropicaux et subtropicaux, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 1953, 6, 4 : 243-266 ; 1954, 7, 1 : 37-48 ; 7, 3 : 177-189 ; 1955, 8, 1 : 35-57 ; 8,4 : 357-391 ; 1956, 9, 1 : 49-84 ; 9, 3 : 263-281 ; 9, 4 : 381-398 ; 1957, 10, 1 : 53-66 ; 10 , 2 : 15151-16 10, 3 : 263-291 ; 1958, 11, 1 : 41-75.

CURRIE, P., MORRIS, M. & NEAL, D., 1973 – Use and capabilities of electronic capacitance instruments for estimating standing herbage, *J. Brit. Grassld. Soc.,* 28 : 155-160.

CAGNARD, J.D., 2009 – Suivre la pouse de l'herbe

www.syndicat-agricole.com/actualités/vie-pratique-interview-suivre-la-pousse-de-l-herbe-pour-optimiser-le-paturage-et-faire-des-économies/efldSearch=:8WY55ZG9.html

DAGET

DAGET, Ph., 1963 - *Mission Cantal : Compte rendu d'activité de la campagne 1963*, Cnrs, Centre Emberger, .40 p.

DAGET, Ph., 1964 – *Compte-rendu d'activité en Margeride*, Cnrs, Centre Emberger, 80 p. + annexes.

DAGET, Ph. Edit., 1965 – *Séminaire sur les formations herbacées denses*, Cnrs, Centre Emberger, 102 p.

DAGET, Ph., 1968 - L'occupation de la station in GODRON et al., 1968 : ...

DAGET, Ph., 1968 - Quelques remarques sur les distributions de fréquences spécifiques dans les phytocénoses, *Oecol. PLant.*, 3 : 299-312.

DAGET, Ph., 1972 - *Appareils optiques pour l'observation de la végétation -Points-quadrats-*, Note n 11/H, Cnrs-CEPE, Montpellier, 12 p.

DAGET, Ph., Edit., 1971 - Méthodes d'inventaire phyto-écologique et agronomique des prairies permanentes, *C.R. Séminaire Montpellier 25 - 26 Mars 1969*, Doc N° 56, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 206 p.-.

DAGET, Ph., 1974 - Les prairies du Cantal, Valeur bromatologique, *Rev. Haute-Auvergne*, Avril-Juin : 35 p.

DAGET, Ph., 1974 - Structure et productivité primaire dans les écosystèmes pastoraux, Intervention, *Coll. Ecol. Deserts Medit.*, Jérusalem, 4 p.

DAGET, Ph., 1975 - Le diagnostic phytoécologique appliqué à l'aménagement des régions de moyenne montagne : cas de la Margeride, in LONG, 1975 : 42-55.

DAGET, Ph., 1975 - Quelques conséquences pratiques de la connaissance phytologique des prairies, in LONG, 1975 : 118-140.

DAGET, Ph., 1989 – De la réalisation des plans d'échantillonnage en phytoécologie générale – Quelques algorithmes d'allocation, *Biocénose*, 4, 1-2 : 96-115.

DAGET, Ph. 1978 - *Ecologie générale & prairie permanente, de la réflexion fondamentale à l'application*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 212 p.

DAGET, Ph., 1979 - Etudes sur la végétation du Massif Central III. Place du Pin sylvestre dans le climax du Hêtre dans la Margeride, *Bull. Ecol*., 10, 4 : 315-325.

DAGET, Ph., 1980 - Le nombre de diversité de Hill, un concept unificateur dans la théorie de la diversité écologique, *Acta Oecol. Oecol. Gén*., 1, 1 : 51-70.

DAGET, Ph., 1994 - Remarque sur la mesure des biomasses au pâturage, *Flotrop Info*, 4 : 1-2.

DAGET, Ph., 1996 - La mesure des biomasses au pâturage, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 49, 1 :70-71.

DAGET, Ph., 1996 - Mesurer le recouvrement des ligneux dans les végétations ouvertes des pâturages, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 49, 1 :76-77.

DAGET, Ph. 1997 – Biodiversité et végétation pastorale, , *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.,* 50, 2 : 141-144.

DAGET, Ph. 1997 – Biodiversité II – Variation régionale, *Flotrop Info*, 18 : 1-2.

DAGET, Ph. 1998 – Biodiversité IV – Notion de spectre pastoral, *Flotrop Info*, 23 : 1-2.

DAGET, Ph. 1997 – Biodiversité V – La végatation stationnelle, *Flotrop Info*, 24 : 1-2.

DAGET, Ph., 2001 – Une note de métrologie pastorale : Réflexions sur la méthode du jet d'anneaux, *pastum*, 59 : 3-4.

DAGET, Ph. 2002 – Entre le pastoraliste et le pasteur : l'enquête pastorale, *pastum,* 63 : 11-22.

DAGET, Ph., BILLE, J.C., CORA, M., GASTON, A. & KONATÉ, T., 1994 - Organisation du suivi de la production végétale dans les pâturages : Exemples du Mali et de l'Éthiopie, *Comm. III Journées du Réseau Parcours, Tabarka*, Oct. 1994, 8 p.

DAGET, Ph. & DJELLOULI, Y., 2002 – Une approche écoclimatique des potentialités pastorales en régions sahéliennes, *Sécheresse*, 13, 2 : 73-79

DAGET, Ph. & GASTON, A., 1994 - *SUIVI : Un logiciel pour l'analyse de la production primaire des pâturages au Mali*, CIRAD-EMVT, Montpellier, 35 p. + 1 disquette.

DAGET, Ph. & GASTON, A., 1997, Mesurer les liaisons entre les espèces dans un groupe de relevés, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 50, 2 : 149-152.

DAGET, Ph. , GASTON, A. & FORGIARINI, G., 2003, Comparer des relevés à des dates différentes au même emplacement. Exemple du Tchad, Rev. *Elev. Med. Vét. Pays trop*., 56, 3-4 : 163-166.

DAGET, Ph. & GODRON, M., 1982 - *Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés*, Masson, Paris, 172 p.

DAGET, Ph. & GODRON, M., Edit., 1995 - *Pastoralisme : Troupeaux, espaces et sociétés*, Hatier & AUPELF.UREF, Paris, 512 p.

DAGET, Ph. & GUELLY, K., 1995 – Biodiversité I, *Flotrop Info*, 8 : 1-2.

DAGET, Ph. & HUBERT, D., 1985 - Les parcours des Causses : Relations sol végétation, *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, 19, 3-4 :287-303.

DAGET, Ph. & ICKOWICZ, A., 1999 – Evaluer la densité des ligneux par la méthode des distances, : un problème, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.,* 52, 3-4 : 263-266.

DAGET, Ph. & ICKOWICZ, A., 1999 – Evaluer la densité des ligneux par la m thode des distances : un estimateur, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.,* 52, 3-4 : 267-269

DAGET, Ph. & ICKOWICZ, A., 1999 – Evaluer la densité des ligneux par la méthode des distances, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop*

DAGET, Ph. & KONATÉ, T. 1994 - *POINDO : Un petit logiciel pour le suivi des points d'abreuvement dans les régions sèches du Mali*, CIRAD-EMVT, Montpellier, 10 p.

DAGET, Ph. & KONATÉ, T. 1994 - Pondérer les espèces dans les formations herbacées très hautes, *Flotrop Info*, 4 : 2 ; *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 1996, 49, 1: 72-73.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1964 - Quelques remarques sur l'étude des formations herbacées et sur l'expression des résultats, *C.R. réunion D.R.*T., 12-13 Octobre 1964, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier : 50-56.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1965 - *Contribution à l'étude des herbages des plateaux basaltiques de l'ouest du Cantal*, Doc N° 16, Cnrs-CEPE, Montpellier, 117 p.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1965 - *Etude sommaire de trois groupes de stations prairiales de la Margeride*, Doc N° 17, Cnrs-CEPE, Montpellier, 22 p.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1966 - *Etude phyto-écologique de la commune de Thoras (Haute-Loire),* Doc N° 28, Cnrs-CEPE, Montpellier, 574 p. + annexes.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1969 - Analyse phytologique des prairies, Applications agronomiques, Doc N° 48, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 67 p.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1970 - Distribution des fréquences spécifiques dans les phytocénoses herbacées en déséquilibre, *Vème Coll. Ecologie, ENS*, Paris.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1971 - From the structure of the vegetation to its quality and productivity, *Proc. 4 th Gen. Meet. Europ. Grassl*. Fed. Lausanne : 156-162.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1971 - Une méthode d'analyse phytologique des prairies, Critères d'application, *Ann. Agron*., 22, 1: 5-41.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1971 - Principes d'une technique d'analyse quantitative des formations herbacées, in DAGET, Ph. Edit., Méthodes d'inventaire : 85-100.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1971 - Mode d'appréciation du niveau d'intensité de l'utilisation des herbages - Quelques applications, in DAGET, Ph. Edit., Méthodes d'inventaire : 115-130.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1972 - *Analyse de la production nette d'un pâturage*, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 1 p.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1972 – Salissement et dégradation des prairies artificielles et temporaires, *Fourrages*, 50 : 97-106.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1972 - Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages*, Fourrages*, 49 : 31-39.2.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1973 - Mode d'évaluation pratique du potentiel pastoral à partir de l'inventaire écologique régional, *C.R. Symp. Int., Ecol. Bratislava*, Quaestiones geobiologicae – Biologie Krajiny, 11 : 142-148.

, C. Edit., *Le pastoralisme en France à l'aube des années 2000*, Editions de La Cardère, Morières : 209-216.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1974 - Quelques résultats sur les méthodes d'étude phyto-écologiques, la structure, la dynamique et la typologie des prairies permanentes, *Fourrages*, 59 : 71-81.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1978 - Un aspect méthodologique des études comparatives de carrés permanents sur prairies naturelles, *Phytocoenosis*, 7 : 151-164.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1991 - Sur l'évolution de la composition floristique et de la valeur du gazon des pâturages lors d'aménagement ou de déprises, *Comm. N 28, IV Congr. Int. Terres à Pâturage*, Avril 1991, Montpellier.

DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1997 - Biodiversité et végétation pastorale, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 50, 2 : 141-144.

DAGET, Ph., POISSONET, J. & BRAU-NOGUÉ, C., 2000, Quelques méthodes de terrain en pastoralisme et leur interprétation, *in* BORNARD, A. & BRAU-NOGUÉ DAGET, Ph., POISSONET, J., & TOUTAIN, B., 1997 - Planifier un échantillonnage pour une étude régionale de la végétation, *Rev.. Elev. Med. Vét. Pays trop*., 50, 2 : 145-148.

DAGET, Ph. & POISSONET, J. & TOURE, I., 1991 - Climats et végétation dans une savane au Sénégal, *Comm. N 29, IV Congr. Int. Terres à Pâturage*, Avril 1991, Montpellier.

DAGET, Ph., POISSONET, J. & POISSONET-OGEREAU, P., 1975 - *Analyse des formations herbacées complexes de la zone tempérée*, Rapport général d'activité, Cnrs-CEPE, Montpellier : 14-18.

DAGET, Ph., STEVOUX, V. & LE BOURGEOIS, Th., 2003, Rechercher des limites dans une végétation, *Rev. Elev. Med. Vét. Pays trop.,* 56, 3-4 : 167-169.

DAGET, Ph. & TRANCHEFORT, J., 1974 - Une méthode globale d'analyse diachronique de populations complexes, Application au peuplement végétal d'une prairie permanente, *Comm. Coll. Int. Arlon 20-22 mai 1974* : 18 p .

DAGET-BERTOLETTI, L., 1969 - *Présentation de cinq essais sur prairie permanente*, ITCF, Paris, 43 p. .

DAGET-BERTOLETTI, L., 1970 – *Quelques instructions pratiques pour l'emploi des méthodes par point pour l'analyse de la végétation des prairies*, ITCF, Paris, 16 p.

DAGET-BERTOLETTI, L., 1974 - *5 essais sur prairies permanentes : évolution des recouvrements spécifiques*, I.T.C.F., Paris, 90 p.

DAGET-BERTOLETTI, L., 1975 - *Prairie permanente, Evolution de la contribution des catégories fourragères en fonction de la fumure azotée, Sensibilité des espèces*, ITCF, Paris, 48p.

DAGET-BERTOLETTI, L. & DAGET, Ph., 1974 - Expression empirique de la sensibilité des espèces dans une prairie permanente soumise à des traitements comportant divres niveaux, *Fourrages*, 57 : 121-131.

DAGET-BERTOLETTI, L., DAGET, Ph., DAVID, P. & PLOUY, B., 1971 - Interprétation des observations floristiques de l'essai E1PN de la Mayenne après deux années d'observations, *in* DAGET, Ph. Edit., *Méthodes d'inventaire* : 181-202.

D

DACCORD, R., 1991 – Valeur nutritive des foins de prairies riches en espèces*, Rev. Suisse Agric*, 23, 1 : 36-40.

DAGNELIE, P., 1965 - Quelques méthodes statistiques d'étude de l'homogénéité et de caractérisation de la végétation, *Actes Colloque, Copenhague*, UNESCO, Paris : 481-486

DAGNELIE P.,1960a - Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. *Bull. Serv. Carte Phytogéogr*., série B., 5 (1), 7-71 et (2), 93-195.

DAGNELIE P., 1960b - Quelques problèmes statistiques posés par l'utilisation de l'analyse factorielle en phytosociologie.*Bull. Inst. Agron.,* Stat. Rech.,Gembloux, H.S., 1, 430-437.

DAGNELIE P., 1962 - L'application de l'analyse multivariable à l'étude des communautés végétales.*Bull. Inst. Intern. Stat*., 39, 265-275.

DAGNELIE P., 1965a - Quelques méthodes statistiques d'étude de l'homogénéité et de caractérisation de la végétation. 1er Colloque Intern. sur les Ecosystèmes, 30 juillet 1965, Copenhague, 1-7.

DAGNELIE P., 1965b - L'étude des communautés végétales par l'analyse statistique des liaisons entre espèces et les variables écologiques: principesfondamentaux.*Biometrics*, 21, 345-361.

DAHLMAN, R. & KUCERA, C., 1965 – Root productivity and turnover in native prairies, *Ecology*, 46 : 84-89.

DANDOY, G., 197.. – Potentialités pastorales et exploitation du troupeau bovin dans le sud-ouest malgache *in* SAUTER, G. *et al., Changements sociaux dans l'ouest malgache* : 217-240.

DAN-GOMMA, A., DOUMA, S. & ABDOU, A., 2004 – *Amélioration de la pratique du fanage par les producteurs du département de Dakoro*, ONG/Karkara-VSF/Belgique, 67 p.

DANSEREAU, P., 1951 - Description et relevé de la végétation sur une base structurale, *Ecology*, 32, 2 : 172-229.

DANSEREAU, P., 1968 – Les structures de la végétation, *Finisterra*, 3, 6 : 147-180.

DAUBENMIRE, R., 1959 - A canopy coverage method of vegetation analysis, *Northwest. Sci*., 33, 1 : 43-66.

DAUVRAY, R., 1951 - *Prairies naturelles, artificielles et herbages*, Coll. Rustica, Ed. Montsouris, Paris, 240 p.

DAVIES, W., 1925 - The relative palability of pasture plants, *J. Minist. Agric*., 32 : 106-116.

DAVIES, W., 1948 - Grassland as a biotic community, *J. Brit. Grassl. Soc.,* 3, 3 :171-176.

DAVIES, W., 1949 - Evaluation of british grassland, *J. Brit. Grassl. Soc*., 4, 1 : 17-24.

DAVIES, W., 1950 - Quality in grassland, *Nature*, 166 : 760-761.

DAVIES, W., 1952 - Composition and value of ley farming, *Address to the Staffordshire Agric. Val. Ass*. : 3-11.

DAVIES, W., 1952 - The relative palatibility of pasture plants, *J. MInist. Agric*., 22, 106-116.

DAVIES, W., 1952-60 - *The Grass crop*, Spon Agric. Book, London, 362 p.

DE BOER, Th., 1954 - Les herbages : leur classification par l'étude des unités de végétation ; leur valeur écologique et agricole aux Pays-Bas, *Actes Conf. Europ. Herbages*, Oece, Paris : 39-45

DE BOER, Th., 1965 - Grouping of region on basis of grassland vegetation, *Neth. J. Agric. Sci*., 13, 2 : 207-211.

DE FOUCAULT, B., 1992 - Les apports de la phytosociologie au pastoralisme, *Fourrages*, 130 : 211-221.

DE LEEUW, P., 1965 - The role of savanna on nomadic pastoralism : some observations fron western Boornu, Nigeria, *Neth. J. Agric. Sci*., 13, 2 : 178-189.

DELOUCHE, I., 1992 – *Gestion traditionnelle et évaluation qualitative et quantitative d'arbres fourragers pour l'alimentation de chèvres laitières Sirohi dans deux régions du Rajasthan central (Inde),* Mémoire de DESS, Université de Paris XII

DE VRIES, D.M., 1937 - Methods used in scientific plant sociology and in agricultural botanical grassland research, *Herbage Reviews*, 5, 4 : 187-193.

DE VRIES, D.M., 1937 - Methods of determining the botanical composition of hayfields and pastures, *IV int. Grass. Cong*., Aberystwyth, 474-480.

DE VRIES, D.M., 1938 - The plant sociology combined specific frequency and order method to the sampling of grassland vegetation, *Chronica Botanica*, 4, 2 : 115-117.

DE VRIES, D.M., 1948 - Methods and survey of characterization of Dutch grasslands, Vegetatio, 1, 1 : 51-57.

DE VRIES, D.M., 1950 - Grassland typen en hun oecologie, *Neth. Kruidk. Arch., 57 : 28-31.*

DE VRIES, D.M. & DE BOER, Th., 1959 - Method used in botanical grassland research in the Netherland and their application, *Herb. Abstr*., 24, 1 : 1-7.

DE VRIES, D.M. & DE BOER, Th. & DIRVEN, J., 1949 - Evaluation of grassland by botanical research in the Netherland, *Comm. Conf. Int. Herb*., E/CONF.7/SEC/W.159, UNESCO, Paris, 7p.

DE VRIES, D.M. & KOOFMANS, J., 1949 - Het verband tussen de hozdanigleidsgaad van grasland en stanplaatfactoren (la relation entre l'indice de qualité des herbages et les conditions de milieu), *Landbouw Tijdschrift*, 61 : 21-37.

DE VRIES, D.M., KRUIJNE, A. & MOOT, H., 1957 - *Frequence of occurence of herbage plants and their indication on environmental conditions*, Jaarboek IBS, Wageningen : 183-191.

DE VRIES, F. & DJITTEYE, M;, 1982 - *La productivité des pâturages sahéliens*, CTA, Wageningen, 525 p.

DE WISPELAERE, G., 1975 - Choix des échelles en cartographie des pâturages, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abeba* : 349-350.

DE WIT, C., 1975 - Etude au moyen de modèles sur la production réelle et la production possible des pâturages dans les régions arides, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako , ILCA, Addis Abbeba* : 329-332.

DEGTEVA S. & IPATOV, V., 1984 - (Sur la validité de l'appréciation visuelle du degré de dominance des herpèces herbacées du sous-bois), *Botanical Zurnal*, 69, 7 : 968-971. (en russe).

DEJEAN, R., 1977 - Définition, description et délimitation des unités écologiques de l'Unité régionale mont Lozère-Bougès nord, *Parc Nat. Cévennes*, Florac, doc. n II.

DELACHARLERIE, P., 1994 - *Contribution à l'étude de l'alimentation des bovins sur parcours naturels en moyenne Casamance (Sénégal),* Mémoire DESS, Muséum Nat. Hist. Nat., Paris, 95 p.

DELCOURT, E., 1970 - De l'utilisation de certains caractères morphologiques pour la détermination pratique de graminées provençales, Bull. Muséum Hist. Nat. Marseille, 30 : 119-133.

DELPECH, R., 1960 - Critère de jugement de la valeur agronomique des prairies, Fourrages, 4 : 83-98. DELPECH, R., 1962 - Comment améliorer les prairies permanentes, *Bull. CETA*, Etude 726, 8p.

DELPECH, R., 1962 - Ecologie appliquée : possibilité de déterminer les conditions de milieu par l'examen de la végétation (cas des prairies), *B.T.I.,* 172 : 15 p.

DELPECH, R., 1966 - Critères botaniques et fertilisation, C.R. 5ème cycle sup. fertilisation, INA, Paris, et *Rev. Agric. Fr*., 52 : 18 p.

DELPECH, R., 1966 - Possibilité et méthode d'amélioration des prairies permanentes, *Rev.. Elevage*, 40 : 27-44.

DELPECH, R., 1970 - Contribution à l'étude de quelques prairies et alpages du massif central de la Vanoise, *Trav. Sci. Parc Nat. Vanoise*, 1 : 39-74.

DELPECH, R., 1972 - Recherches poursuivies en 1970 sur les alpages du versant sud du massif de La Vanoise, *Trav. Sci Parc Nat. Vanoise*, 2 : 187-201.

DELPECH, R., 1973 - Recherches effectuées en 1971 sur les alpages de Haute-Maurienne, *Trav. Sci Parc Nat. Vanoise*, 32 : 53-64.

DELPECH, R., 1975 – Observations préliminaires sur les conséquences écologique de l'abandon de l'axploitation pastorale , *Trav. Sci Parc Nat. Vanoise*, 6 : 69-88.

DELPECH, R., 1975 - *Contribution à l'étude expérimentale de la dynamique de la végétation prairiale*, Thèse, Univ. Paris sud, 114 p.

DELPECH, R., 1976 - Recherches sur la végétation des alpages*, Trav. Sci. Parc Nat. Vanoise*, 7 : 69-90.

DELPECH, R., 1977 - Recherches documentaires sur la productivité herbagère des alpages de haute montagne, *Trav. Sci. Parc Nat. Vanoise*, 8 : 41-65.

DELPECH, R., 1978 – Essai d'appréciation de la valeur agronomique à partir des données phytosociologiques. Les groupements de prarires et leurs satellites dans la vallée inondable de l'Oise. *Collection des Colloques Phytosociologiques*, *Lille 1976*, Vaduz : 131-135.

DELPECH, R., 1982 - La végétation prairiale reflet du milieu et des techniques, *BTI*, 370-371 : 363-373.

DELPECH, R., 1984 – Etude expérimentale de la dynamique des phytocénoses de pelouses subalpines soumises à l'action de facteurs zooanthropogènes, *Doc. Ecol. Pyrrénéenne*, 4, 463-470.

DELPECH, R., 1988 - Historique de la phytosociologie herbagère en Europe occidentale, particulièrement en France, *Coll. Phyto. : Phytosociologie et pastoralisme*, 16 : 23-59.

DELPECH, R., 1988 - Phytosociologie et pastoralisme, *Colloques de phytosociologie*, XVI, Paris : 7-21.

DELPECH, R., 1988 - Conditions d'application des méthodes et résultats de la phytosociologie sigmatiste aux problèmes d'utilisation et d'aménagement des herbages, *Colloques de phytosociologie*, XVI, Paris : 61-74.

DELPECH, R., 1989 - Utilisation des bio-indicateurs végétaux pour l'évaluation des prairies*, C.R. XVI° Congrès international des herbages*, Nice, INRA, Versailles : 1439-1440.

DELPECH, R., 1993 - Deux clés essentielles pour la gestion raisonnée des prairies permanentes : typologie des peuplements et bioindicateurs, *Fourrages*, 133 : 3-21.

DELPECH, R., 2003 – Typologie floristico-écologique des peuplements de prairies et pelouses du parc national de la Vanoise, *Le Journal de Botanique*, 22 : 1-88.

DELPECH, R. & BERTOLETTI, L., 1968 - *Les plantes de la prairie permanente*, A.C.T.A., Paris, 40 p.

DEMARLY, M., 1965 - Les améliorations à apporter à la production de l'herbe*, Journées Inform. Fert. ANPEA*, 24 Sept 64, Bull. A.F.E.S., 1 : 12 p.

DEMARQUILLY, C., 1964 - Valeur alimentaire de l'herbe, *L'agriculture bourbonnaise*, 77, 1 :7 pages.

DEMARQUILLY, C., 1968 - Variation de la valeur agronomique des fourrages verts*, B.T.I.*., 226 : 27-37.

DEMARQUILLY, C., 1981 - Valeur alimentaire de l'herbe dans les conditions du pâturage, *Fourrage*s, 85 : 59-72.

DEMARQUILLY, C. & ANDRIEU, J., 1988 - Les fourrages *in* JARRIGE, R. - *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, INRA, Paris: 313-335.

DEMARQUILLY, C. & WEISS, Ph., 1970 - *Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages*, Etude n 42, INRA, SEI, Versailles, 64p.

DEMOLON, A., 1932 - Principes d'agronomie, Dunod, Paris, 2 vol.

DEPOMMIER, D. & GUERIN, H., 1996 – Emondage traditionnelde *Faidherbia albida.* Production fourragère, valeur nutritive et récolte de bois à Dossi et Watinoma *in* PELTIER, R. Edit., Les parcs à Faidherbia, *Cahiers scientifiques n°12* CIRAD/CORAF/ORSTOM, Montpellier : 55-84.

DEPOMMIER, D., 1998 – Etude phénologique de *Faidherbia albida* – Effet de l'émondage ,du site et de la dimension de l'arbre sur les phénophases de l'espèce au Burkina Faso *in* CAMPA C.edit. *L'acacia au Sénégal*, ORSTOM, Paris : 159-179.

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes_7/divers2/010016074.pdf

DER KHATCHADOURIAN, I., 1958 - *L'exploitation intensive des prairies*, Hachette, Paris, 166 p.

DERBAL, Z., PAGOT, J. & LAHORE, J., 1959 - Etude expérimentales sur l'utilisation, l'exploitation, l'amélioration des pâturages naturels et la création des pâturages artificiels, *Coll., Étude des pâturages tropicaux de la zone soudanienne*, Vigot, Paris : 76-145.

DESCOINGS, B., 1970 - Les flores régionales - Méthodologie de l'inventaire floristique, *Naturalia monspeliensia*, 21 : 51-73.

DESCOINGS, B., 1971 - Méthode de description des formations herbeuses intertropicales par la structure de la végétation, *Candolea,* 26 : 223-257.

DESCOINGS, B., 1971 - Repésentation graphique de la structure des formations herbeuses. Exemple des savanes de Lamto, *Bull. Chercheurs de Lamto*, mars :23-30.

DESCOINGS, B., 1972 - Note sur la structure de quelques formations herbeuses de Lamto (Côte d'Ivoire), *Ann. Univ. Abidjan*., ser. E, 5, 1 :7-30.

DESCOINGS, B., 1973 - Les formations herbeuses africaines et les définitions de Yangambi considérées sous l'angle de la structure, *Adansonia*, 2, 13, 4 : 391-421.

DESCOINGS, B., 1974 - Notes de phyto-écologie équatoriale. 2. les formations herbeuses du moyen Ogooué (Gabon), *Candollea*, 29 : 13-37.

DESCOINGS, B., 1974 – *Les savanes de la vallée de la Dolla – Région de N'Dendé (Gabon),* Document n°74, CNRS, Centre Emberger, Montpellier, 95p.

DESCOINGS, B., 1975 - Méthode d'étude de la structure des formations herbeuses tropicales, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA, Addis Abeba : 147-158.

DESCOINGS, B., 1975 - Classification des formations herbeuses par la structure de la végétation, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA, Addis Abeba : 353-358.

DESCOINGS, B., 1975 - Les types morphologiques et biomorphologiques des espèces graminoides dans les formations herbeuses tropicales, *Nat. Monsp*., 25 : 23-35.

DESCOINGS, B., 1976 - Note de phytoécologie équatoriale, 4. Les formations herbeuses de la vallée de la Dolla (Gabon), *Candollea*, 31 : 53-77.

DESCOINGS, B., 1976 - Pour une conception structurale ouverte des classifications phytogéographiques, *Adansonia*, ser. 2, 16, 1 : 93-107.

DESCOINGS, B., 1976 - *Approche des formations herbeuses tropicales par la structure de la végétation*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 221 p.

DESCOINGS, B., 1978 - Les formations herbeuses dans la classification phytogéographiques de Yangambi, *Adansonia,* 18, 2 : 243-256.

DESCOINGS, B., 1979 - Les formations herbeuses dans la classification phytogéographiques de l'UNESCO, *Adansonia,* ser. 2, 19, 2 : 231-247.

DESCOINGS, B., 1983 - Les formations herbeuses dans la classification phytogéographique de Fosberg, *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.,* ser.4, 5, 1 : 52-62.

DEVINEAU, J., 1976 - Essai d'utilisation de la méthode des "points contacts" pour l'étude de la répartition verticale des racines, *Bull. Liaison des chercheurs de Lamto,* Novembre : 26-33.

DEVINEAU, J., 1977 - La courbe aire-espèce dans les forêts à Lamto, *Bull. liaison chercheurs de Lamto* Mars : 12-15.

DEYRI, W., 1990 - *Contribution à l'étude phyto-écologique et des potentialités pastorales en Syrie aride*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 190 p.

DHONDT, A., 1989 - Carrying capacity : a confusing concept, *Acta Oecologica, Oecologia generalis*, 9 : 337-346.

DIALLO, A. & VALENZA, J., 1972 - *Pâturages du Nord Sénégal*, Carte au 1/200 000, Etudes agrost. n 34, IEMVT Paris.

DIAMOUANGANA, J., 1979 - *Etude des formations herbeuses de la plaine de Dihesse (République populaire du Congo*), Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 179 p.

DIOP, B., DIATTA, S., CHABAHABIL & AKPO, L., 2008 – L'échantillonnage en phytoécologie : l'aire d'étude des communautés herbeuses dans la région de Dakar, *J. des Sciences*, 8,3 : 25-36

DIRVEN, J., HOOGERS, B. & DE VRIES, D.M., 1969 – Interrelation between frequency, dominance and dry-weight percentages of sprcies in grassland vegetations, *Neth. J. Agric*., 17 : 161-166.

DIX, R., 1961 - An application of the point-centred-quarter method to sampling of grassland vegetation, *J. Rg. Mgt*., 14, 2 : 63-69.

DJEBAILI, S., 1982 - Diagnose phytosociologique de la végétation naturelle des Hautes Plaines et de l'Atlas saharien algérien, *Biocénoses*, 1, 2 : 5-20.

DJEBAILI, S., 1988 - Connaissances actuelles sur l'alfa (Stipa tenacissima L.) : auto-écologie, phénologie, productivité et valeur nitritive*, Biocénose* 3, 1 : 43-52.

DJELLOULI, Y. & DAGET, Ph., 1991 - Déterminismes climatiques et répartition de quelques graminées pastorales algériennes, Comm N 239, *IV Congr. Int. Terres à Pâturage, Avril* 1991, Montpellier.

DJENONTIN, J., 2010 – *Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-Est du Bénin,* Thèse de doctorat, Université d'Abomey Calavi, 274 p. (thèse en ligne)

DJOUMANAZAROV, B. & DOURDYEV, N., 1984 - Valeur fourragère complexe des pâturages désertiques*, in* NETCHAYEVA, 1984b : 20-27.

DOEKSEN, J., 1954 - *La vache standard en tant que critère d'évaluation des pâturages*, EPA/AG/Pr.224/39, OECE, Paris, 12 p.

DONI-WOROU, J., 1973 – *Contribution à l'étude des pâturages naturels de l'Adélé (Togo),* Imprimerie toulousaine, Toulouse, 118 p.

DOREE, A., 1994 - *Flore pastorale de montagne tome I : les graminées*, Edit. Boubée, et Edit. Cemagref, Paris, 208 p.

DOREE, A. & JOUGLET, J., 1975 - *Estimation de la capacité de chargement des alpages - cas des pelouses supra forestières du Birançonnais*, CTGREF-INERM, Saint-Martin-d'hères, 18 p.

DORIOZ, J.M. & PARTY, J.P., 1987 – Dynamique écologique et typologie de territoires pastoraux das Alpes du nord – I – Analyse de l'organisation agro-écologique d'un alpage de référence, *Acta Oecologica, Oecol. Plant*., 8, 3 : 257-280.

DOYON, D., 1968 - La végétation des pâturages naturels de Saint-Férréol et de Saint-Tite et des Caps, Comté de Montmorency, *Nat. Can.,* 95, 2 :367-397.

DREW, W., 1944 - Studies on the use of the point-quadrat method of botanical analysis of mixed pasture vegetation, *J. Agric. Res*., 69 : 289-297.

DRISCOLL, R., 1958 - A loop method for measuring ground cover characteristics on permanent plots, *J. Rg. Mgt.,* 11, 2 : 94.

DUBOST, M., 1987 Edit. - *Exploitation de pelouses et landes subalpines par des bovins et des ovins*, Doc. N 211, CEMAGERF, Grenoble, 245 p.

DUBOST, M. & BERNARD-BRUNET, J., 1983 - Les traits dominants du pastoralisme en Briançonnais, *in* Coll. 1983 : I-XIV.

DUBOST, M. & JOUGLET, J.P., 1983 - La végétation des alpages et sa productivité fourragère, approche phyto-écologique, *i*n Coll., 1983 : 15-62.

DUCREY, M. & BARTOLI, M., 1974 - Utilisation des photographies hémisphériques pour le cubage des arbres sur pied,

Ann.Sci.Forest., 34, 4 : 229-248.

DUHAMEL, G., 1994 - *Flore pratique illustrée des Carex de France*, Boubée, Paris, 176 p.

DUMONT D'URVILLE, 1825 - Flore des Malouines, *Mém. Soc. linn. de Paris*, IV : 598 et sq.

DUPLAT, P. & PERROTTE, G., 1972 - Inventaire par échantillonnage en forêt - Précision sur la récolte des données, Traitement des données, Résultats qui peuvent être demandés, *Bulletin technique de l'ONF*, 2 : 1-60

DUPONT, P., 1986 - La valeur fourragère des espèces spontannées et la gestion des zones humides estuariennes et arrière-littorale du centre-ouest de la France, F.F.S.P.N., *Rencontres Internationales de Toulouse* : 346-363.

DUPONT, P. & RABU. F., 1986 - *Recherches sur la valeur fourragère des prairies des zones humides du bassin de Brivet*, Lab. Ecol. Phytosiologie, Univ. Nantes, 55 p.

DURANTON, J.F., 1978 - Etude phénologique de groupements herbeux en zone tropicale semi-aride I. Méthodologie, *Adansoni*a, 18, 2: 183-198.

DURANTON, J.F., 1983 – *Etude du tapis végétal*, Montpellier, Cirad-Irct, 32 p.

DU REITZ, E., 1954 – Vegetation analysis in relation to hogenousness and size of sample areas, *C.R. VIII° Congr. Int. Botanique*, Paris 7-8 : 24-35.

DURU, M. et al., 1998 – Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes – Exemple des Pyrénées centrales, *Fourrages*, 153 : 97-113. **http://www.afpf-asso.org/download.php?type=1&id=1308&statut=0**

DURU, M. & BOSSUET, L., 1992 - Estimation de la masse d'herbe par le "sward-stick". Premiers résultats, *Fourrages*, 131 : 283-300.

DURU, M., CHAURAND, M., FOUCRAS, J. & WEBER, M., 1999 – Le volume d'herbe disponible par animal : un indicateur pour la conduite du pâturage, F*ourrages*, 157 :47-62.

DURU, M., FIORELLI, J., LARDON, S. & VAUBERNIER, E., 1989 – Forage management, a diagnostic method, *C.R. XVI° Congrès Int. Herbages, Nice* : 1 355-1 356.

DURU, M., DALMIERES, A., FOUCRAS, J. & LAVAL, L., 1997 - Le volume d'herbe disponible par animal : un indicateur pour la conduite du pâturage, F*ourrages*, 150 : 209-223.

DURU, M. & DUCROCQ, H., 1998 - La hauteur du couvert prairial : un moyen d'estimation de la quantité d'herbe disponible, *Fourrages*, 154 : 173-189.

DUVIGNEAU, P., 1946 – La variabilité des associations végétales, *Bull. Soc. Bot. Belgique*, 78 : 107-13

DUVIGNEAU, P., 1949 (paru 1953) - Les savanes du Bas-Congo, Essai de phytosociologie topographique, *Lejeunia*, 10 : 1-192 (+annexes).

DYSTERKHUIS, E., 1949 - Condition and management of rangeland based on quantitative ecology, *J. Rg. Mgt*., 2 : 104-115.

DYSTERKHUIS, E., 1952 - Determining the condition and trend of ranges, *Proc. 6th Int. Grassl. Congr*. : 1322-1327.

DYSTERKHUIS, E., 1956 – Ecological principles in range evaluation, *The Bot. Rew*., :253-272.

DJAMILA, M., 2008 – *Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone de déficit hydrique,* Mémoire de Magistère Univ de Batna, 75 p.
http://www.memoireonline.com/08/11/4676/m_relation-entre-le-couvert-vegetal-et-les-conditions-edaphiques-en-zone-a-deficit-hydrique12.html

E

EARL, D. & McGOWAN, A., 1979 – Evaluation and calibration of an automated rising plate meter for estimating dry matter yield of pasture, *Aust. J. Exp. Agr;. Anim. Husb*., 19 : 337-343.

EASTIN, J., HASKINS, F., SULLIVAN, C. & VAN BAVEL, C., 1969 - Physiological aspects of crop yield, *Amer. Soc. of Agron*., Madison USA, 250 p.

ECHOALP, 2007 – Etude de la végétation dans le cadre d'un diagnostic pastoral , http:/www.echoalp.com/alpes/download/fiche_diag_pastoral.pdf

ECHOALP, 2007 – Les outils de diagnostic et de pilotage de la végétation d'alpage, http:/www.echoalp.com./alpes/download/diag_pastoral.pdf

ELLENBERG, H.,1952 – *Wiesen und ihre standörtliche Bewertung*, Ulmer, Stuttgart

ELLENBERG, H.,1963 - *Vegetation mittleuropas mit den Alpen*, Ulmer, Stuttgart, 943 p.

ELLENBERG, H., Zeigerwerte der Gefätspflanzen Mitteleuropas, *Scripta Geobot*, IX, Göttingen, 122 p.

ELLENBERGER, J., 1977 - *Mesure de la production végétale et animale dans les herbages pâturés*, SEI, Versailles, 68 p.

ELLISON, L., 1942 - A comparison of methods of quadrating shortgrass vegetation, *J. Agr. Res*., 64 : 595-614.

ELTON WHITE, W., 1982 - Establishing circular plot boundaries with a wedge prism and an adjustable target pole, *J. Rg. Mgt*., 35, 5 : 677-678.

EMBERGER, 1960 – Les relations homme-nature, *Actes Soc. Helv. Sci*. Nat. : 31-43.

EMBERGER, L., 1961 – Evolution, principes actuels et problèmes de la technique cartographique pratiqués au Service de la Carte des groupements végétaux, in GAUSSEN, *Méthode de la cartographie de la végétation*, Cnrs, Paris : 211-217.

EMBERGER, L., 1966 - Réflexions sur le spectre biologique de Raunkiaer, *Mémoire de la Soc. Bot. Fr*. : 147-156

EMBERGER, L., GOUNOT, M., IONESCO, T., LONG, G. & ROUSSINE, N., 1957 - *Description et mode d'emploi d'une fiche de relevé pour l'inventaire de la végétation,* CNRS-CGV, Montpellier 17 p.

EMBERGER, L. & LONG, G., 1964 - *C.R. de la réunion de la D.R.T. du 12 13 oct., 1964*, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 62 p.

EMBERGER, L. & SAUVAGE, Ch., 1968 - Les types biologiques, in GODRON et al., 1968 : ...

EMLEN, J., 1967 - A rapid method for measuring arboreal canopy cover*, Ecology*, 48 : 158-160.

ENNIK, G., 1965 - The influence of management and nitrogen application on the botanical composition of grassland, *Neth. J. Agric. Sci.,* 13, 2 : 222-238.

ETCHERBERGER, R. & KRAUSMAN, P., 1997 - Evaluation of five methods for measuring desert vegetation, *Wildlife Soc. Bull.,* 25, 3 : 604-609.

ETIENNE, M., 1975 - Etude d'amélioration pastorales dans la vallée du Golo - Corse - Premier rapport partiel, SODETEG, Le Plessis-Robinson, 80 p.

ETIENNE, M., 1975 - Etude d'amélioration pastorales dans la vallée du Golo - Corse - Deuxième rapport partiel, SODETEG, Le Plessis-Robinson, 80 p.

ETIENNE, M., 1977 - *Bases phyto-écologiques pour le développement des ressources pastorales en Corse*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 210 p.

ETIENNE, M., 1978 - Fotos aeras, diagnostico cartografico y planificacion del desarrollo, *I er Simp. Intern. Chileno sobre Percep. remota*, Santiago, Juin 78 : 9 p.

ETIENNE, M., 1978 - Empleo de la cartografia basada en fotos aeras en la planificacion del uso de los recursos naturales renovables, Un caso chileno, *I er Simp. Intern. Chileno sobre Percep. remota*, Santiago, Juin 78 : 7 p.

ETIENNE, M. Edit. 1982 - *Carta de ocupacion de tierras*, Univ. du Chili, Fac. Cienc. agraria, Santiago, 7 feuilles.

ETIENNE, M., 1989 - Non destructive methods for evaluating shrub biomass : a review, *Oecol. Applic*., 10, 2 : 115-128.

ETIENNE, M., CAVIEDES, E., GONZALEZ, C. & PRADO, C., 1982 - Cartografia de la vegetacion de la zona arida de Chile, Transecto I, *Terra aridae,* 1, 1 : 1-80 + annexes.

ETIENNE, M. & CONTRERES-TAPIA, D., 1981 - Cartografia de la vgetation y sus aplicationes en Chile, *Bol. Tec*. N 46, Fac. Cienc, Agr. y Vet., Univ. de Chile, Santiago, 27 p. + annexes.

ETIENNE, M., GONZALEZ, C. & PRADO, C., 1982 - Cartografia de la vegetacion de la zona arida de Chile, Transecto II, *Terra aridae*, 1, 2 : 81-126 + annexes.

ETIENNE, M., MICHEA, G. & DIAZ, E., 1982 - Flora, vegetacion y potential pastoral de isla de Pascua, Bol. Tec. N 47, Fac. Cienc, Agr. y Vet., Univ. de Chile, Santiago, 29 p. + annexes.

EVANS, R. et LOVE, M., 1957 - The step-point method sampling - a practical tool in range research, *J. Range Mgt*, 10, 5 : 208-212.

EVANS, G. & COOMBE, D., 1959 - Hemispherical and woodland canopy photography and the climate, *J. of Ecol*., 47 : 103-113.

EYOG MATIG, O., 1996 – Système racinaire de *Faidherbia albida* en plantation – Premières observations au Nord-Cameroun, *in* PELTIER, R. – *Les parcs à Faidherbia*, Cahiers scientifiques n° 12, Cirad, Montpellier : 227-236.

F

FAERBER, J., 1996 - Impact du feu sur les peuplements végétaux des zones de parcours dans les Pyrénées centrales*, Pastum* , NS : 11-15.

FARINAS, M., 1982 – *Comparaison de plusieures méthodes d'étude des structures horizontale et verticale de formations végétales – Application au cas de deux anciennes friches languedociennes*, Thèse de spécialité, Ustl, Montpellier, 430 p.

FAYE, B. & TISSERAND, J., 1988 - Problèmes de la détermination de la valeur alimentaire des fourrages prélevés par le dromadaire, *Options Médit*., A, 2 : 61-68.

FEDOSSEIEV, A., 1984 - Méthode de prévision du rendement des pâturages, in NETCHAYEVA, 1984a : 116-125.

FIALA, K.,1973 - Growth and production of underground organs of Typha angustifolia L. Typha latifolia L. and Phragmites communis L. Polskie archiwum hydrobiologii, 20, 1: 59-66.

FIALA, K., 1978 - Estimation of annual increment of underground plant biomass in a grassland community (Polygalo-Nardetum). Folia geobotanica et phytotaxonomica, 13, 4 : 337-448.

FIALA, K., 1979 - Primary production of Kamenicky grassland - Underground, in nction of grassland in spring region – Kamenicky project, M. RYCHNOVSKA, Editor. MAB: Brno : 87-92.

FIORELLI, J., HUSSON, J., LAVALETTE, B. & VAUBERNIER, E., 1989 – Diagnostic des conduites de pâturage tournant et continu: chargement, hauteur d'herbe et jour d'avance, *C.R. XVI° Congrès Int Herbages, Nices* : 1 333-1 334.

FISCHER, J., 1984 - *Contribution à l'étude de la végétation d'une parcelle herbacée (Le grand teillan - Aimargues - Gard),* DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 63 p.

FISCHER, J., 1995 - *Evolution de la biodiversité de la strate herbacée après une coupe à blanc dans un taillis de châtaigner (Castanea sativa Miller) des Cévénnes*, Mémoire, Université Montpellier II, Montpellier, 22 p

FISSER, H., 1961 - Variable plot, square foot plot and visual estimate for shrub crown cover measurements, *J. Rg. Mgt*., 14, 1 : 202-207.

FISSER, H., & VAN DYNE, G., 1960 – A mechanical device for repeatable range mesurements, *J. Rg. Mgt.,* 13 : 40-42.

FISSER, H., & VAN DYNE, G., 1966 - Influence on number and spacing of points on accuracy and precision of basal cover estimates, *J. Rg. Mgt*., 19, 4 : 205-211.

FITTER, R., FITTER, A. & FARBER, A., 1991 - *Guide des Graminées, Carex, Joncs, Fougères*, Delachaux et Niestlé, Neuchatel, 256 p.

FLAHAULT, Ch., 1894 – Projet de carte botanique forestière et agricole de la France, *Bull. Soc. Bot. Fr*., 41 : 1-35.

FLAHAULT, Ch., 1896 – Au sujet de la carte botanique forestière et agricole de la France et des moyens de l'exécuter, *Ann. Géogr.*, 5, 24 : 449-457.

FLAHAULT, Ch., 1897 – Carte botanique et forestière de la France, feuille de Perpignan, *Ann. Géogr.*, 6, 28 : 305-312.

FLAHAULT, Ch., 1900 - Projet de nomenclature phytogéographique, *C.R. Congr. Int. Bot. Paris* : 427-450.

FLAHAULT, Ch. & SCHRÖTER, C., 1910 - Nomenclature phytogéographique, *C.R. Congr. Int. Bot. Bruxelles* : ...

FLETCHER, J. & ROBINSON, M., 1956 – A capacitance meter for estimating forage weight, *J. Rg. Mgt*., 9, 2 : 96-97.

FLEURY, Ph., DUBEUF, B. & JEANNIN, B., 1995 - Un concept pour le conseil en exploitation laitière : le fonctionnement fourrager, *Fourrage*s, 141 : 3-18.

FLORET, C., 1988 - *Méthodes de mesure de la végétation pastorale, Pastoralisme et développement*, CHIEAM, Montpellier, 157 p.

FLORET, C. & LE FLOC'H, 1975 - L'évaluation de la production des parcours et de la sensibilité de la végétation naturelle, élément de l'aménagement rationnel des zones présahariennes de la Tunisie, *Options Médit*., 26 : 51-59.

FLORET C. & LE FLOC'H E., 1973 - *Production, sensibilité et évolution de la végétation et du milieu en Tunisie présaharienne*, Doc n 71, Cnrs, CEPE, Montpellier, 45 p.

FLORET, C. & LE FLOC'H, E., 1980 - Contribution des espèces ligneuses à la valeur pastorale des steppes du sud tunisien, Comm. Coll. Int. Fourrages ligneux en Afrique, *Coll. ILCA*, Addis-Abeba : 131-134.

FLORET, C. & SCHWAAR, D., 1967 - Cartographie phyto-écologique à petite échelle et photo-interprétation en Tunisie du Nord, *Actes IIème Symp. Int. Photo-interprétation, Paris 1966*, 4, 2 : 3-17.

FLOYD, D. & ANDERSON, J., 1987 - A comparison of tree methods for estimating plant cover, *J. Ecol.,* 75 : 221-228.

FOOT, A., 1963 - L'évaluation du rendement des prairies à travers l'animal, Fourrages, 16 : 86-94.

FORMAN, L. & BRIDSON, D.,1984 - *The herbarium handbook*, Royal Bot. Garden, Kew, 214 p.

FOSBERG, F., 1961 - A classification of vegetation for general purposes, *Trop. Ecol.,* 2 : 1-28.

FOUCAULT, B. de, 1980 – Les prairies permanentes du bocage virois – Typologie phytosociologiques et essai de reconstitution des séries évolutives herbagères, *Doc. Phytosociol.,* 5 : 1-109

FOURNIER, A., 1982 - Quelques données quantitatives sur les formations herbacées d'altitude des monts, *Adamsonia*, 2 : 153-166.

FOURNIER, A., 1983 - Contribution à l'étude de la végétation herbacée des savanes de Ouango-Fini (Côte-d'Ivoire), *Candollea*, 38 : 237-265.

FOURNIER, A., 1991 - *Phénologie, croissance et production végétale dans quelques savanes de l'Afrique de l'Ouest*, Thèse, Edit. ORSTOM, Paris, 312 p.

FOURNIER, A. & LAMOTTE, M., 1983 - Estimation de la production primaire des milieux herbacés tropicaux, *Ann. Univ. Abidjan*, Série E, 16 : 1-38.

FOURNIER, F. & SASSON, A., Edit., 1984 – Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique, Orstom, Bondy & Unesco, Paris

FRAME J., 1983 - Herbage mass, *in* HODGSON J. et al. Edit., 1983 : 39-70.

FRAME J., Edit., 1986 - *Grazing*, Brit. Grassl. Soc., Maidenhead, 250 p.

FRANCOIS, J., RIVAS, A. & COMPERE, R., 1989 – Le pâturage semi-aquatique à *Echinochloa stagnina* (Retz.) P.Beauv. – Etude approfondie de la plante « bourgou » et des bourgoutières situées en zone lacustre du Mali, *Bul. Rech. Agron. Gembloux*, 24, 2 : 145-189.

FRIEDEL, M., 1977 - The determination of an optimum sampling techmique for biomass of herbaceous vegetation in central australian woodland, *Aust. J. Ecol*., 2 :429-433.

FRITZ, H. & DUNCAN, P., 1994 - On carrying capacity for large ungulates of African savanna ecosystems, *Proc. Roy. Soc. London*, B, 256 : 77-82.

FURNISS, P., 1981 – A model of ressource allocation for savanna grasses, *S. Afr. J. Bot*., 1 :1-6.

G

GABRIELS, P. & VAN DEN GERG, J., 1993 - Calibration of two techniques for estimating herbage mass, *Grass and forage sci*., 48 : 329-335.

GACHON, L., 1952 - Observation sur l'amélioration des prairies de fauche, *B.T.I*., 75 :751-764.

GACHON, L., 1979 - Possibilités d'évolution de l'écosystème prairial pâturé, *C.R. des X Journées du grenier de Theix*, INRA : 451-460.

GAIN, E., & BROCQ-ROUSSEU, D., 1912 - *Traité des foins*, Baillière, Paris, 795 p.

GALIANO E. 1982 - Détection et mesure de l'hétérogénéité spatiale des espèces dans les pâturages, *Acta Oecol. Oecol. Plant*., 3, 3 : 269-278.

GARAUDAUX, J., 1965 - *Les prairies et leur flore*, Potasses d'Alsace, Mulhouse, 44 p.

GARAUDAUX, J., sd - *Pourquoi et comment faire un herbier des plantes des prairies*, Potasses d'Alsace, Mulhouse, 38 p.

GARAUDEAUX, J., s.d. - La rénovation des prairies, *L'Alsace* : 1-16.

GARDE, L. & SENN, O., 1991 - Valeur pastorale et parcours méditerranéens, *Actes IV Congr. Int. Terres de parcours, Montpellier 22-26 avril*, AFP, Montpellier : 458-461.

GARNER, F., 1963 - The palatibility of herbage plants, *J. Br. Grassl. Soc*., 18 :79-89.

GASTON, A., 1967 - *Etude agrostologique du Kanem*, IEMVT, Maisons Alfort, 168 p. + cartes.

GASTON, A., 1972 – *Valeur bromatologique des pâturages naturels du SDud-Tchad*, Iemvt, Lab. De Farcha N'Djamena, 79 p.

GASTON, A., 1975 - Relevé phytosociologique et évaluation des parcours, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abeba* : 297-300.

GASTON, A., 1975 - *Pâturages naturels du Tchad, Manuel de vulgarisation*, IEMVT, Maisons-Alfort, 117 p.

GASTON, A., 1976 - *Pâturages du Kanem*, IEMVT, Maisons Alfort, 168 p. + cartes.

GASTON, A., 1981 – *La végétation du Tchad (Nord-Est et Sud-Est du lac Tchad) – Evolution récente sius des influences climatiques et humaines*, Thèse d'Etat, Université P. et M. Curie, Paris, 333 p.

GASTON, A., 1982 – *Essai de méthodes de suivi continu du couvert ligneux*, C.R. Projet IsraFaoPnue, Daker, 23 p. + annexes

GASTON, A., 1983 - *Le couvert herbacé au Ferlo sénégalais*, Coll. "Méthode d'inventaire et de surveillance continue des écosystèmes pastoraux - Application au développement", 9 p.

GASTON, A., 1986 - *Les principales espèces pâturées des écosystèmes tropicaux*, Unesco/Fapis, Dakar, 43 p.

GASTON, A., Evolution d'un écosystème pâturé au tchad, *Comm. Sém. Régional Dynamique et évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens*, Dakar, 16 p.

GASTON, A., 1991 - *La surveillance continue des écosystèmes pastoraux*, Cirad-Emvt, Maisons-Alfort, 11 p.

GASTON, A., 1992 – Dynamique des parcours sahéliens : les apports de la méthodologie de terrain et de la télédétection, *Comm. Atelier sur les applications de la télédétection au suivi et à la gestion des ressources pastorales du Sahel*, Niamey, 9 p

GASTON, A., 1996 - Définition de la charge, Principes d'exploitation, La gestion de l'espace, Interventions amélioratrices, in *Amanagement des forêts naturelles des zones sèches*, FAO, Rome : 156-163 ; 170-176.

GASTON, A., 1996 - Mesure de la biomasse fourragère et recouvrement, *in* Amanagement des forêts naturelles des zones sèches, FAO, Rome : 117-124.

GASTON, A. & BOERWINKEL, E., 1982 – Evaluation de la production primaire herbacée par des mesures simultannées au sol et par satellite, *Comm. Coll. Sahel resource inventory and mapping coordination*, Bamako, 9 p.

GASTON, A. & DULIEU; D., 1976 – Cartographical representation of the vegetation evolution of a tchadienne sahelian region between 1954 and 1974, *Comm. Coll. Cartographie agricole*, Bucarest, 3 p.

GASTON, A. & DULIEU; D., 1977 - *Seconde étude agrostologique des pâturages du projet Assale-Serbewel (République du Tchad - République unie du Cameroun*) Etude agrostologique n°49, IEMVT, Maisons-Alfort, 40 p

GAUSSEN, H., 1922 - Améliorations pastorales et prairies de montagne, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 50 :299-331.

GAUSSEN, H., 1950 - *Signes conventionnels pour le travail sur le terrain*, 2 édition, Cnrs, Serv. Carte Phytogéogr., Toulouse, 12 p.

GAUSSEN, H., L'emploi des couleurs dans la cartographie de la végétation, in GAUSSEN, Méthodes de la cartographie de la végétation, Cnrs, Paris : 137-145.

GAUTHIER, B. & GODRON, M., 1976 - La recherche de limites ou de coupures optimales ; application à un relevé phytosociologique, *Le naturaliste canadien*, 103 : 203-214.

GENIN, A., 1990 - *La botanique appliquée à l'horticulture*, Tech. & Doc., Paris, 232 p.

GENIN, D., 1986 - *Aspects comportementaux et physiologiques d'une nutrition à base de végétation naturelle ligneuse chez des bovins,* Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 77 p.

GIBRAT, R., 1930 - Une loi des répartitions économiques : l'effet proportionnel, *Bull. Stat. Gen. Fr*., 19 : 469 et sq.

GIBBS-RUSSEL, G., WATSON, L., KOEKEMOER, M., SMOOK, L., BARKER, N., ANDERSON, H. & DALLWITZ, M., 1990 - Grass of South-Africa, *Mem. Bot. Surv. South. Afr*. n 58, Nat. Bot. Gard., Pretoria, 437 p.

GILIBERT, J. & MATHIEU, A., 1997 - Une méthode de notation visuelle rapide de l'état des prairies, *Fourrages*, 150 : 191-207.

GILLET, H., 1967 - Essai d'évaluation de la biomasse végétale en zone sahélienne, *J. Agric. Trop. Bot. Appl*., 14, 4-5 : 123-162.

GILLET, H., 1984 - *Les principales plantes herbacées appétées par le bétail au Sénégal oriental (Région de Tambacounda). Aperçu sur le Cassia obtusifolia*, Rapport FAPIS, 12 p.

GILLET, H., 1985 - *Principaux arbres fourragers du Sahel sénégalais, Séminaire régional sur la problématique et les stratégies sylvopastorales au Sahel*, FAPIS-UNESCO/ CILSS-IS/EISMV, Dakar/Sénégal : 37-56. GILLET, H., 1980 – Les arbres fourragers en Afrique tropicale sèche, *Bull. Inf. Museum Hist. Nat*., 19 : 43-56.

GILLET, H. & TOURE, I.A., 1984 - *Contribution à l'étude des arbres utiles du Sénégal (Région de Tambacounda*), Rapport FAPIS.

GILLLISON A. & ANDERSON, D. (Edit.), 1982 - *Vegetation classification in the Australian region*, CSIRO et Aust. Nat. Univ. Press, Camberra.

GINTZBURGER, G., SAIDI, S. & SOTI, V., 2005 – *Rangelands of the Ravnina region in the Karakum desert (Turkmenistan) – Current condition and utilisatio*n, DARCA, Aberdeen & CIRAD, Montpellier, 125 p + carte

GIRARD, C., 1987 - Spectral and botanical classification of grasslands : Auxois example, *Adv. Space Res.,* 7, 11 : 67-70.

GIRARD, C. & BENOIT, M., 1990 - Méthode de cartographie des prairies permanentes : application à la Lorraine des données SPOT, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 310, III : 461-464.

GIRARD, C., BENOIT, M., VAUBERNIER, E. de & CURRAN, P., 1990 - SPOT HRV data to discriminate grassland quality, *Int. J. Remote Sensing*, 11, 12 : 2253-2267.

GIRARD, M.C., 1975 - Présentation de quelques exemples de fiches pour la description de l'environnement du profil, *Sciences du sol*, 4 : 271-293

GIRARD, M. & GIRARD, C., 1989 - *Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales*, Masson, Paris, 260 p.

GIRARDIN, J. & DU BREUIL, A., 1863 - *Traité élémentaire d'agriculture*, Masson, Paris, 2 vol.

GLEASON,H., 1939 – The individualistic conceptof the plant association, *Amer. Midl. Nat.,* 21- : 92-…

GOBAT, J.M., 1978 - Evolution des pâturages abandonnes du vallon de Jorat, Commune d'Orvin, Bull. Soc. Neuch. Sci. Nat., 101 : 129-138.

GODRON, M., 1966 - *Une application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation*, Doc. N° 24, Cnrs CEPE, Montpellier, et thèse Docteur-Ingénieur, USTL, Montpellier, 67 p.

GODRON, M., 1968 - Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale, *Oecol. Plant*., 3 : 185-212.

GODRON, M., 1971 - Quelques aspects de l'hétérogénéité dans les formations herbacées du Cantal, in Ph. DAGET Edit., *Méthodes d'inventaire* : 101-115.

GODRON, M., 1971 - Comparaison de la courbe aire-espèce et de son modèle, Oecol. Plant., 6 : 189-196.

GODRON, M., 1971 - *Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux*, Thèse d'Etat, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 245 p.

GODRON, M., 1972 – Echantillonnage linéaire et cartographie, *Invest. Pesquera*, 36 : 171-174.

GODRON, M., 1976 – *Les échantillonnages écologiques*, note n° 8, DGRST, Comité équilibre et lutte biologique, Paris, 29 p.

GODRON, M. & BACOU, A.M., 1975 – Sur les limites optimales séparant deux parties d'une biocénose hétérogène, Annales Univ. Abidjan, Série E, 8, 1 : 317-324.

GODRON, M., DAGET, Ph. EMBERGER, L. LE FLOC'H, E. LONG, G. POISSONET, J. SAUVAGE, Ch. & WACQUANT, J.P., 1968 (réed 1980)- *Code pour le relevé méthodique de la végétation et des milieux*, Ed. Cnrs Paris, 292 p.

GODRON, M., DAGET, Ph. EMBERGER, L. LE FLOC'H, E. LONG, G. POISSONET, J. SAUVAGE, Ch. & WACQUANT, J.P., 1969 (réed 1980)- Vademecum pour le relevé méthodique de la végétation et des milieux, Ed. Cnrs Paris, 169 p.

GODRON, M., DAGET, Ph., POISSONET, J., POISSONET, P., 1969 - Some aspects of heterogeneity in grasslands of Cantal, France, C*.R. Int. Symp. Stat. Ecol. (August 69), Yales*, U.S., 19 p.

GODRON, M. & KOOHAFKHAN, A., 1982 - Un exemple de modélisation de l'aménagement d'un territoire grâce à des "tenseurs", *Journées Recherche Développement en Milieu Rural*, 18 :1-14.

GODRON, M., LI, T.X. SOSA RAMIREZ, J., 1988 - Application des tenseurs de potentialités à l'aménagement - L'exemple du Mont-Lozère (France), *Repères*, 2 :.....

GODRON, M., LI, T.X., POISSONET, J. et SOSA RAMIREZ, R., 1988 - Phyto-écologie et potentialités pastorales un exemple concret de moyenne montagne des régions tempérées : le Mont-Lozère, France, *Actes XVI Congr. Int. Herb., Nice* : 1419-1420.

GODRON, M., POISSONET, J., SHU, J. & LI, Y., 1990 - An ecological study on typical steppe of inner Mongolia with the methods of the "Ecothèque" of Montpellier I. Analysis of water characteristics of the steppe species, ZZZ : 247-258.

GODRON, M., POISSONET, J. & POISSONET-OGEREAU, P., 1697 - *Méthodes d'étude des formations herbacées denses - Essais d'application à l'étude dy dynamisme de la végétation*, Doc n 35, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 34 p.

GOLLEY, HUTTEL, LEMÉE, 1983 – Production primaire brutte et nette, paramètre de croissance, in FOURNIER *et al., Ecosystèmes forestiers d'Afrique* : 215-225.

GOND, V., BARET, F., RUELLE, B. & WEBER, S., 2002 – Utilisation de photographies hémisphériques sous le couvert forestier, Bois et forêts des tropiques, 274 : 71-72.

GONZALEZ, M., HUSSEY, M. & CONRAD, B., 1990 – Plant height, disk and capacitance meters used to estimate Bermudagrass herbage mass, *Agron. J.,* 82 : 861-864.

GONZALEZ-ESTRADA, E., FAWCETT, R. & HERRERO, M., 2002 – Integrating models of relative abundance of species with the dry weight rank method for the botanical analysis of forest understory vegetation, *Grass and Forage Sci*., 57 : 171-183.

GOODALL, D., 1952 - Some considerations in the use of point quadrats for the analysis of vegetation, *Austr. J. Sci. Res*., B, 5 : 1-41.

GOODALL, D., 1952 - Point-quadrat methods for analysis of vegetation, *Austr. J. Sci*., B, 5 : 457-461.

GOODALL, D., 1954 – Objective methods for the classification of vegetation, , *Austr. J. Sci*., 2 : 304-324

GOODALL, D., 1965 – Plot-less tests of interspecific association, *J. Ecol*., 53, 1 : 197-210

GOODALL, D., & RICKMAN, E., 1968 - The exact probability of a rank correlation with ties, *Biom-Prax*., 9, 3-4 : 155-160.

GOUNOT, M., 1958 - Contribution à l'étude des groupements messicoles et rudéraux de la Tunisie, *Ann. Serv. Bot*., 31 : 1-282.

GOUNOT, M., A propos de l'homogénéité et du choix des surfaces de relevé, tiré à part : 7-17.

GOUNOT, M., 1960 - Méthodes d'étude et d'inventaire de la végétation pastorale et prairiale*, Fourrages*, 4 : 46-52.

GOUNOT, M., 1965 - Les méthode d'inventaire de la végétation, *Bull. C.G.V*., B1, 6, 1 : 7-73.

GOUNOT, M., 1980 - Recherches sur l'évaluation de la productivité primaire épigée des graminées prairiales, *Acta Oecol. Oecol. Plant.,* 1, 1 : 81-102.

« GRAND EST », 2007 – Initiation à la pytosociologie, 171 diapositives, Formationphy2009_ecran.pdf

GREEN, J., 1949 - Herbage sampling errors and grazing trials, *J. Brit. Grassl. Soc*., 4, 1 : 11-16.

GREEN, J., MUELLER, J. & RHAMES, J., 1988 - Using a falling disk meter for practical estimates of herbage mass, *Actes XVI Congr. Int. Herb. Nice*, A.F.P.F., Versailles : 1433-1435.

GREENWAY, P., 1973 - A classification of the vegetationn of East Africa, *Kirkia*, 9, 1 : 1-68.

GREIG-SMITH, P., 1964 - *Quantitative plant ecology*, Butterworths Sci. Pub., 198 p.

GRIERE, L., ... - Exploitation rationnelle et évolution de la flore des prairies hollandaises, La potasse : 45-50.

GRIFFIN, G., 1989 - An enhanced wheel-point method for assessing cover, structure and heterogeneity in plant communities, *J. Rg. Mgt*., 42, 1 :79-81.

GRIGNANI, C., PASCAL, G. & REYNERI, A., 1990 - Structure et qualité de différentes espèces et pelouses d'alpage (Alpes italiennes), *Fourrages*, 122 : 159-174.

GRIMAUD, P., BERGES, J. & TOUTAIN, B., 1990 - Entendons nous bien sur les unités animales *!!!, Bull. UPRA*, 20 :5-8.

GROSENBAUGH, L., 1952 - Plotless timber estimate -new, fast, easy, *J. Forest*., 50 : 32-37.

GROUZIS, M., 1982 – *Méthodes d'étude des pâturages*, ORSTOM, Ouagadougou, 43 p.

GROUZIS, M. & METHY, M., 1983 - Détermination radiométrique de la phytomasse herbacée en milieu sahélien : perspectives et limites, *Acta Oecol. Oecol. Plant*., 4, 3 : 241-257.

GROUZIS, M., 1987 - *Structure, production et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso),* Thèse d'Etat, Paris-Sud, 336 p.

GROUZIS, M. & METHY, M., 1983 - Application de la radiométrie à l'estimation de la phytomasse des formations herbeuses sahéliennes, *Comm. Atelier FAO-ISRA de Dakar*, 22 p.

GROUZIS, M. & SICOT, M., 1980 – Une méthode d'étude phénologique de populations d'espèces ligneuses sahéliennes : influence de quelques facteurs écologiques *in* LE HOUEROU, H.N., *Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique*, Addis-Abbeba : 231-237.

GRUNOW, J. & PRELLER, J., 1958 – A « counter board » as an accssory to the botanical wheel apparatus used for botanical analysis, *S. Afr. J. Agric*., 1, 2 : 231-234.

GEUZZRIN, G., 1995 – Le troupeau au pâturage, *in* DAGET & GODRON, 1995 : 364-384.

GUERIN, G., & BELON, S., 1989 – Analyse des fonctions des surfaces dans les systèmes fourragers en zone méditerranéenne, *Bull. Tech. Ovins et Caprins*, 27 : 1-27.

GUAIS, F. & DOLIGEE, E., sd. – Biodiversité, potentiel et fertilisation des prairies, Prairies de Normandie, 17 diapositives

GUERIN, H., 1988 - Régime alimentaire de ruminants domestiques exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens, I. Rappels bibliographiques sur les objectifs et les méthodes d'étude de la composition botanique des régimes ingérés au pâturage*, Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop*., 41, 4 : 419-426.

GUERIN, H., FRIOT, D., MBAYE, N. & RICHARD, D., 1991 – *Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens – Etude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal*, Coll. « Etudes et synthèses de l'Iemvt » n° 39, CIRAD-IEMVT, Maisons Alfort, Inst. Sénég. Rech. Agric (ISRA), Dakar, 116 p.

GUERIN, H., 1994 - *Valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest*, CIRAD-EMVT, Maisons Alfort, ... p.

GUINOCHET, M., 1954 – Sur les fondements statistiques de la phytosociologie et quelques unes de leurs conséquences, *Verof. Der geobot. Inst. Rubel*, Zurich, 29 : 41-67.

GUINOCHET, M., 1973 - *Phytosociologie*, Masson, Paris, 227 p.

GURMESSA, F., 2010 – *Floristic composition and structural analysis of Rointa afromontane forest, East Wollega zone of Oromia*, Thèse de maitrise, Univ Addis Ababa, 94 p.

GUTHERY, F., DOERR, T. & TAYLOR, M., 1981 -Use a profile board in sand shinnery oak communities*, J. Rg. Mgt.,* 34, 2 : 157-158.

GUINOCHET, M., 1970 - Clé des classes, ordre et alliances phytosociologiques de la France, *Nat. Monsp*., 21 : 79-119.

GUY, P., 1981 - The estimation of the above ground biomass of the tree and shrubs in Senga Wildlife Research Area, Zimbabwe, *S. Afr. J. Wildl. Res*., 11, 4 : 135-142.

GYSEL, L., 1949 - Measurement of acorn crops, *Forest sci*., 2, 4 : 305-313.

GARNIER, E., SHIPLEY, B., ROUMET, C. & LAURENT, G., 2001 – A standardised protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content, *Functional Ecology*, 15 : 688-695.

GLATZEL, A., MECHEL, A. & VAZ LOURENZO, M., 1993 – Botanical components of annual mediterranean grassland as determined by point-intercept and clipping methods, *J. Rg. Mgt*., 46, 3 : 271-274. http://www.jstor.org/stable/4002620.html

H

HACKER, R., 1974 – Some concepts in rangeland management*, J. Agric. W. Aust.,* 15 : 76-80.

HALE, A., 19.. – Acomputer-aid method for showing continua and communities in ecology*, J. Ecol, ..* : 591-

HALE, A., 1980 - An optical cover instrument, *The Ohio J. Sci*., 80 : 125-128.

HALLAIRE, M., PERRIN de BRICHAMBAUT, Ch. & GOILLOT, Ch., Edit., 1970 - *Techniques d'étude des facteurs physiques de la biosphère*, INRA, Paris, 544 p.

HAMIDOU, B., 1984 - *Mise en place d'une expérimentation de pâturage sous forêt au Causse de la Selle*, Mémoire DEA, Univ. Sci. Tec. Lang., Montpellier, 57 p.

HAMIDOU, B., 1987 - *Relations herbe-arbre en conditions pâturées - Influence du recouvrement arboré des taillis de Chêne pubescent (Quercus pubescens Willd.),* Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 152 p.

HAMMOUMI, M., 1973 - *Structure d'une prairie de Fétuque élevée semée en 1969 sur le terrain expérimental du Camp Redon (Montpellierais*), Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 50 p.

HANLEY, T., 1978 - A comparison of the line-interceptionand quadrat estimation methods of determining schrub canopy coverage, *J. Rg. Mgt*., 31 : 60-62.

HANSON, H., 1935 - A comparison of methods of botanical analysis of the native prairie in Western North Dakota*, J. Agr. Res*, 49 : 815-842.

HANSON, H., 1938 – Ecology of the grassland, *The Bot. Rev*., 4, 2 : 51-82 ; 1950, 16, 6 : 283-360.

HANXI, Y. Edit., 1987a - *Proceeding of the international symposium on grassland vegetation* August 15-20, Hohhot, Sci. Press, Beijing, 630 p.

HANXI, Y. Edit., 1987b - The use of remote sensing on grassland vegetation *in* HANXI, 1987a : 3-180.

HARRIS, W., VAN DYNE, G. & DESELM, H., 1975 - *Influence of plot size and shape on sampling standing crop of herbaceous tallgrass vegetation*, Tech. Rep. n°285, Grassland Biome, Fort Collins, 18 p.

HARRINGTON, H., 1956 - Value of vegetative characters in the identification of grasses, *J. Rg. Mgt.,* 9, 1 : 192-193.

HARRINGTON, G. & WILSON, A., 1980 - Methods of measuring secondary production from browse, Comm. Coll. Int. Fourrages ligneux en Afrique, *Coll. ILCA, Addis-Abeba* : 255-260.

HARTLEY, W., 1954 - The agrostological index : a phytogeographical approach to the problems of pasture plant introduction, *Aust. J. Bot*., 2 : 1-21.

HAVET, A., MATHIEU, A. & FAFON, E., 1992 - Utilisation des états physionomiques des prairies pour le diagnostique des performances animales au pâturage, *Fourrages*, NS : 176-177.

HAYDOCK, K. & SHAW, N., 1975 - The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture, *Austr. J. Exp. Agric. & Animal Husb*., 15 : 664-670.

HEADY, H., GIBBENS, R. & POWELL, R., 1959 - A comparison of charting, line intercept and line point methods of sampling shrub types of vegetation*, J. Rg. Mgt*., 12, 4 : 180-18.

HEADY, H., HAROLD, F., ROBERT, P., GIBBENS & POWELL, R., 1959 - A comparison of the charting, line intercept and line point methods of sampling shrub types of vegetation, *J. Rg. Mgt.,* 12 : 180-188.

HEADY, H. & RADER, L., 1958 - Modifications of the point frame*, J. Rg. Mgt.,* 11, 2 : 95-96.

HEDIN, L., 1945 - Contribution à l'étude des formes biologiques des espèces prairiales, *Ann. Agron*., : 235-278.

HEDIN, L., 1949 - Les types de prairies de l'Ouest de la France, écologie et phytosociologie, *Comm. 5 th Int. Grassl. Congr*. 4 p.

HEDIN, L., 1951 - Valeur comparée du rendement de diverses productions fourragères, *Ann. Agron.,* 17, 2 : 242-263.

HEDIN, L., 1960 - Un problème écologique : type de prairies et classification, *Fourrage*s, 4 : 62-69.

HEDIN, L., 1971 - Recherches écologiques sur la savane de Lamto : la valeur fourragère de la savane, La terre et la vie, 21 : 249-261.

HEDIN, L. & DUVAL, E., 1967 - *Intérêt de l'étude de la production primaire en écologie prairiale, Problèmes de productivité biologique*, Masson, Paris : 93-112.

HEDIN, L. & KERGUELEN, M., 1951 - *Méthode d'analyse des herbages en usage en France*, DT/A/AG/250, OECE, Paris, 6 p.

HEDIN, L. & KERGUELEN, M., 1963 - *Le problème de la productivité fourragère en Haute Auvergne*, INRA, LRPF, Rouen, 48 p.

HEDIN, L. & KERGUELEN, M., 1964 - Valeur fourragère de quelques pâturages de la zone sous-pyrénéenne de l'Aude, *Agric. Audoise*, 146, 31 : 2-19.

HEDIN, L. & KERGUELEN, M., 1965 - Sur la valeur fourragère de quelques pâturages de la zone sous-pyrénéenne de l'Aude, *Neth. J. Agric. Sci.,* 13, 2 : 143-156.

HEDIN, L., KERGUELEN, M. & de MONTARD, F.X., 1982 - *Ecologie de la prairie permanente française*, Masson, Paris, 220 p.

HEDIN, L. & LEFEBVRE, J., 1951 - Les méthodes d'analyse botanique dans l'étude agronomique des prairies, *Ann. Amél. Pl.,* 3 : 376-487.

HEINZL, G., ... - Evaluation de la valeur nutritive d'un fourrage en unité amidon et en protéines digestibles, extr. *Die Grune*, 4 p.

HEMMERLIN, B., 1988 - Bisons : ils étaient une fois dans l'ouest, *Terre sauvage*, 24 : 53-59. D

d'HERBES, J. & ROY, J., 19.. - *Compte rendu de mission à l'INRA de Versailles*, Cnrs, CEPE, Montpellier, 5 p.

HERRIOT, J., WELLS, D. & DILNOT, J., 1959 - The grazing animal and sward productivity*, J. Br. Grassl. Soc*., 14 : 191-198.

HIERNAUX, P., 1975 - *Etude phyto-écologique des savanes du pays Baoulé méridional (Côte d'Ivoire centrale*), Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 204 p. + annexes.

HIERNAUX, P., 1978 - L'inventaire du potentiel fourrager des arbres et arbustes d'une région du sahel malien, méthodes et premiers résultats, *in* LE HOUEROU, Edit. : 195-201.

HIERNAUX, P., 1989 - *Le suivi des ressources pastorales et de leur gestion en regard des productions animales qu'elles engendrent au Sahel, approche méthodologique*, CIPEA, Bamako, 50 p.

HIERNAUX, P., DIARRA, L. & A. MAIGA, 1990 - *Dynamique de la végétation après sécheresse - Un bian du suivi des sites pastoraux du Gourma en 1989,* Doc. N 001/90, CIPEA, Bamako, 52 p.

HIERNAUX, P., CISSE, M., DIARRA, L. & LEEUW, P., 1994 - Fluctuationss saisonnières de la feuillaison des arbres et des buissons sahéliens. Conséquence pour la quantification des ressources fourragères, *Rev. Elev. Med. vét. Pays. Trop*., 47, 1 : 117-125.

HILL, R., 1920 - Charting quadrats with a pantograph, *Ecology*, 1, 4 : 270-273.

HILL, M., 1973 - Diversity and evenness : a unifying notation and its consequences, *Ecology*, 45, 2 : 427-432.

HIRCHE, A., 1995 – Sur la notion de valeur pastorale, *Parcours demain*, NS : 85-86.

HIRCHE, A., BOUGHANI, A. & NEDJRAOUI, D., 1999 – A propos de l'évaluation de la qualité des parcours en zones arides, *Cahiers Options Médit*. : 193-197. http://ressources.ciheam.org/orn/pdf/c39/99600073.pdf

HODEN, A., MICOL, D., et al., 1986 – Interprétation des essais de pâturage avec des bovins : terminologie, mode de calcul, bilans annuels, *Bull. Tech. CRVZ Theix*, 63 : 31-42

HOELL, P., 1943 - The accuracy of sampling methods in ecology, *Ann. Math. Stat*., 14 : 289-300.

HOFFMANN, O., 1985 - *Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays lobi (Nord Est de la Côte d'Ivoire*), Trav et Doc. N 189, Ed. ORSTOM, Paris, 355 p.

HOFMANN, L. & RIES, R., 1990 - An evaluation of sample adequacy for point analysis of ground cover, *J. Rg. Mgt*., 43, 6 : 545-549.

HODGSON, J., 1985 - The significance of swards characteristics in the management of temperate sown pastures, *Proc. XV Int. Grassl. Cong. Kyoto* : 63-67.

HODGSON, J., BAKER, R. & DAVIES, A., 1983 - *Sward measurement hanbook*, The Brit. Grassl. Soc., Maidenhead, 274 p.

HOFFMANN, A. & KUMMEROW, J., 1978 – Root studies in the Chilean mattoral, *Oecologia*, 32 : 57-69.

HOOPER, B., 1976 - The application of hemispherical photography to cereal canopies, *J. Appl. Ecol*., 13 : 555-561.

HOPE-SIMPSOM, J., 1940 - On the errors in the ordinary use of subjective frequency in grassland, *J.of Ecol*., 28, 1 :...

HOFMANS, K., 2000 – *Pour reconnaître les graminées les plus répandues en Belgique,* , Entente nationale pour la protection de la nature , 54 p.

HOPKINS, B., 1957 - The concept of minimal area*, J. of Ecol*., 45 :441-449.

HORMAY, A., 1949 - Getting better records of vegetation changes with le line interception method*, J. Rg. Mgt*., 49 : 815-842.

HORTON, J., 1941 - The sample plot as a method of quantitative analysis of chaparal vegetation in southern California*, Ecology*, 22 : 457-468.

HOSKINS,S. & GEE, E., 2004 - Feeding value of pastures for horses, *N.Z. Veterinary J.,* 52, 6 : 332-341

HOUSSARD, C. & ESCARRE, J., 1981 - Mesures de la qualité relative de feuillage par strates dans les taillis de chêne pubescent, *Ann. Sci. Forest*., 38, 4 : 449-468.

HOUSSARD, C., ESCARRE, J., & ROMANE, F., 1982 - Méthodes d'études du couvert de la végétation dans les taillis de chêne vert, *Acta Oecol. Oecol. Applic*., 3, 1 :53-70.

HOUSSIN, B., 1995 - le stock d'herbe disponible : jours d'avance de pâturage - Normes adaptées à la Normandie, *Renc. Rech. Ruminants*, 2 : 129.

HUART, A. & LEROY, P., s.d. – *Ressources cynégétiques, chasse, écotourisme*, Inst. Vét. Trop.. 87 p.

HUBBARD, C., 1959 - *Grasses*, A Pelican book, Londres, 428 p.

HUBERT, B. & MARTINAND, P., 1989 - *Le débrousaillement et l'entretien par la dent du bétail*, CEMAGERF, Aix, 4 p.

HUBERT, D., 1972 - *Signes conventionnels pour le travail sur le terrain - région des Causses*, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 6p.

HUBERT, D., 1978 - *Evaluation du rôle de la végétation des parcours dans le bilan écologique et agro économique des Causses*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 247 p.

HUBERT, D. & GRANDJANNY, M., 1990 - Réponses des espèces herbacées à l'amélioration de la fertilité des terres à pâturage des grands causses de Lozère, *Ann. Sci. Parc Nat. Cévennes*, sous presse.

HUBERT, D., JANIN, E., & OUCHBANI, S., 1981 - La production fourragère en zone de montagne : la végétation pastorale des grands Causses. *Fourrages*, 87 :91-111.

HUBERT, D. & LANGLET, A., 1979 - *Expérience d'amélioration pastorale : évolution de la végétation*, Cnrs-CEPE, Montpellier et INRA Stat. Agron., Toulouse, 18 p.

HUBERT, D., MOLENAT, G., BECHET, G., MAQUERE, M. & BRUN, J.P., 1979 - Mise en valeur pastorale sur le causse Mejan, *Ann. Parc Nat. Cévennes*, 1 : 13-38.

HUBERT, D., OVALE, C. & DAGET, Ph., 1982 - Influence du couvert des arbres sur la végétation des pelouses des Causses, *Coll. Phytosociologiques*, 11 : 569-586.

HUDAULT et FARON, M., 1956 - Contribution à l'étude de la flore et de la valeur fourragère des pâturages de montagne dans le Cantal, *Bull. Fed. Fr. Alp*., 7 : ....

HUGHES, E., 1962 - Estimating herbage production using inclined point frames, *J. Rg. Mgt*., 15, 6 : 323-324.

HUGUENIN, J., 1997 – *Incidences des pratiques agricoles et des caractéristiques du milieu sur l'état des prairies guyanaises*, Mém. DEA, Kourouu Cirad-Emvt et Inapg, Paris, 131 p.

HUGGUENIN, J., 2002 – Comment contrôler la dégradation des prairies guyanaises due aux adventices ? *Fourrages*, 170 : 173-1 http://www.afpf-asso.fr/index/action/page/id/33/title/Les-articles/article/1400

HUGUENIN J., 2008. Gestion des prairies amazoniennes contre les adventices en Guyane française suivant les conditions biophysiques, les pratiques agricoles, et l'organisation du système pâturé. Paris : Ecole doctorale ABIES, Thèse de doctorat en Agronomie, AgroParisTech, 422 p. http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00005014/fr/

HUGUENIN J., BELDJE-BEDOGO, 1994. Protection des Terroirs Pastoraux en Centrafrique, Contre l'embuissonnement des Savanes par C*hromolaena odorata* - (Preventing Chromolaena odorata Invasion in Savanna Pastures of Central African Republic) *in* Proceedings: Third International Workshop on Biological Control and Management of *C. Odorata* Côte-d'Ivoire, (octobre1993) ; RCA - France, Cirad-Emvt & ANDE http://www.ehs.cdu.edu.au/chromolaena/proceedings/third/3hug.html

HUGUENIN, J., LE MASSON, A. & LECOMTE, Ph., 2001 – *L'implantation et la gestion durable des prairies en Guyane – Cahier de l'éleveur et du technicien*, Cirad-Emvt, Kourou, et Montpellier, 32 p.

HUSCH, B., 1955 - Results of an investigation of the variable plot method of cruising, *J. Forest*., 54 : 570-574.

HUSCH, B., 1956 - Comments on the variable plot method of cruising, *J. Forest*., 54 : 41.

HUTCHINGS, M., 1975 – Some statistical problems associated with determinations of population parameters for herbaceous plants in the field, *New Phytol*., 74 : 349-363.

HUTCHINGS, S. & HOLMGREEN, R., 1959 - Interpretation of loop-frequency data as a measurement of plant cover, *Ecology*, 40 : 668-677.

HUTCHINGS, N., PHILLIPS, A. & DOBSON, R., 1990 - An ultrasonic rangefinder for measuring the undisturbed surface height of continuously grazer grass sward, *Grass and forage sci.,* 45 : 119-127.

HUTCHINSON, K., McLEAN, R. & HAMILTON, B., 1972 - The visual estimation of pasture avaibility using standard pasture cores, *J. Br. Grassld. Soc*., 27 : 29-34.

HYDER, D., 1979 - *Proceedings of the first international rangeland congress*, Denver, Colorado, August 14-18, 1978, Soc. for Range Mgt., Denver, ...

HYDER, D. & SNEVA, F., 1960 - Bitterlich's plotless method for sampling basal ground cover of bunchgrasses, *J. Rg. Mgt*., 13 : 6-9.,

HOFFMANS, K., 2000 - *Reconnaître les graminées les plus répandues en Belgique*, Entente nationale pour la protection de la Nature, 24 p. **http://www.calameo.com/link?id=23321968**

I

IBRAHIM, K., 1971 - Ocular point quadrat method, *J. Rg. Mgt*., 24, 4 : 312.

ICKOWICZ, A., 1995 – Bilans fourragers sur parcours pastoraux et agro-pastoraux sahélo-soudanais, perpectives d'application à la gestion des terroirs, *8° Conférence internationale des Institutions de médecine vétérinaire tropicale*, Berlin : 4 p.

ICKOWICZ, A., 1995 – *Approche dynamique du bilan fourrager appliquée à des formations pastorales du sahel tchadien*, Thèse, Univ. Paris XII, Creteil, 486 p.

ICKOWICZ, A., 2005 – Acacia senegal, arbre fourrager sahélien ?, , 284, 2 : 59-69

IEMVT, 1987 – *Les images spatiales : un outil pour la cartographie des pâturages tropicaux - Carte de la végétatopn dela République de Djibouti*, IEMVT, Maisons-Alfort, 2 p.

IGNACE, J.J., 1983 - *Amélioration de la production fourragère dans les landes à bruyères des monts du Forez*, ENITA, Clermont-Ferrand, 108 p.

INNIS, G., NOY-MEIR, I., GODRON, M. & VAN DYNE, G., 1978 – 10 – Total-system simulation models in BREYEMEYER , A. & VAN DYNE, G. Grasslands, systems analysis and men, Cambridge Univ. Press : 759-797.

IORWERTH, J., s.d. - Management and its effects on the sward, *Bull. Welsh. Plant Breed. Sta*., ser. H, n 15.

IPATOV, V., 1962 - Comparison of methods for determining the role of species in the structure of herbage in oak forest, Bot. Zh. (Moscou), 47, 3 : ... (en russe, résumé en anglais).

IPATOV, V., KIRIKOVA, L. & LINDEMAN, T., 1966 - Estimating the degree of species participation in grass-cover structure, Bot. Zh. (Moscou), 51, 8 : ... (en russe, résumé en anglais).

IVINS, J., 1959 - *The measurement of grassland productivity*, Butterworth, Londres, 215 p.

J

JACCARD, P., 1941 - Sur le coefficient générique, *Chronica botanica*, 6 :361-364 ; 389-391.

JACKSON, M. & PETTY, R., 1973 - A simple optical device for measuring vertical projections of tree crowns, *Forest science*, 19 : 60-62.

JACQUES, G., 1971 - Sur les concepts de production et de productivité, *La terre et la vie*, ... : 513-516.

JACQUES-FELIX, H., 1962 - Les graminées d'Afrique tropicale, Généralités, Classification, Description des genres, I.R.A.T., Paris, 345 p.

JAIN, M., 1967 - Studies in the techniques of field trials in range lands, *Ann. Arid Zone*, 6 :129-137.

JANIN, E., 1975 - *Les parcours du Causse Méjan*, E.N.I.T.A., Dijon, 126 p.

JEANCROS, B., TROXLER, J. & SCHMID, W., 1991 – Prairies de Suisse riches en espèces : description et rendement, *Rev. Suisse Agric*., 23, 1 : 26-35

JEANNIN, B., FLEURY, P. & DORIOZ, J.M., 1991 – Typologie des prairies d'altitude des Alpes du Nord : méthode et réalisation, *Fourrage*s, 128 : 379-396.

JARRIGE, R. Edit., 1988 - *Alimentation des bovins, ovins et caprins*, INRA, Paris, 472 p.

JOFFRE, L.M., 1976 - *Etude des potentialites fourragères de trois exploitations du Causse Méjan*, Mém. INA-P.G., Montpellier, 133 p.

JOFFRE, R., 1976 - *Essai de typologie des terrains de parcours de Montpellierais*, D E A, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 35 p.

JOHNS, G., NICOL, G. & WATKINS, 1965 - A modified capacitance probe technique for estimating pasture yield*, J. Br. Grassl. Soc.,* 20 : 212-226.

JOHNSON, D., BORMAN, M. & BEN ALI, M., 1988 - Simple pivot balance for measuring phytomass in quadrats, J. Rg. Mgt., 41, 2 : 167-168.

JOHNSON, P., JOHNSON, C. & WEST, N., 1988 - Estimation of phytomass for ungrazed crested wheatgrass plants using allometric equations, *J. Rg. Mgt., 41*, 5 :421-425.

JOHNSTON, A., 1957 - A comparison of the line interception, vertical point-quadrat and loop methods as used in measuring basal area of grassland vegetation, *Can. J. Plant. Sci*., 37, 1 : 34-42.

JOHNSTON, J., SINGH, A. & CLARK, E., 1993 - Sward height in grazing management : vertical profiles in forage quality, *Proc. XVII° Int. Grassld. Congr*. : 890-891.

JONASSON, S., 1988 – Evaluation of the point intercept method for the estimation of plant biomassa, *Oikos*, 52 : 101-106.

JONES, G., NICOL, G. & WATKINS, B., 1965 – A modified capacitance technique for estimatind pasture yield , *J. Brit. Grassl. Soc*., 20, 4 : 217-226.

JONES, M., 1933 - Grassland management and its influence on the sward, Emp. *J. Exp. Agric*., 1 : 43-57, 122-127, 233-234.

JONES, M. & EVANS, R., 1959 – Modification of the step-point method for evaluating species yield changes in fertiliser trials on annual grasslands, *Agron. J*., 51, 8 : 467-470.

JONES, R., 1968 – Microwave drying of herbage, *J. Brit. Grassl. Soc*., 23,32 : 202-205.

JONES, R., 1977 - Limitations of the electronic capacitance meter in measuring yields of grazed pastures, *J. Brit. Grassl. Soc*., 32, 2 : 105-114.

JONES, R., HARGREAVES, J., 1979 – improvement of the dry-weihgt-rank methodfor measuring botanical composition, *Grass and Forage Sci*., 34 : 181-189.

JORDAN, C., 1969 - Derivation of leaf index from quality of light on forest floor, *Ecology*, 50 : 663-666.

JOUGLET, J.P. & JAQUIER, 1976 - *Recherche sur les écosystèmes montagnards*, Doc. n 98, INERM, CETEGREF, Grenoble, 160 p.

JOUGLET, J.P., 1999 – *Les végétations des alpages des Alpes françaises du Sud – Guide technique pour la reconnaissance et la gestion des milieux pâturés d'altitude,* ATEN et Cemagerf Edit., Grenoble, 205 p.

JULLIAN, P., 1961 - *La prévision de l'alimentation du bétail dans l'exploitation agricole*, Coll. Etudes d'économie rurale, doc n 4, Dép. Rel. Ext. Soc. Shell-Berre, Paris, 63 p

K

KADE, M., COLLANTES, M. & GINZO, H., 1983 - Some considerations about the use of Daget and Poissonet's method on some native grasslands, *Acta Oecol. Oecol. Gen*., 4, 3 : 229-236.

KAISER, L., 1983 – Unbiased estimation in line-intercept sampling, *Biometrics*, 39 : 965-976.

KELLY, J., VAN DYNE, G. & HARRIS, W., 1974 - Comparison of three methods of assessing grassland productivity and biomass dynamic, *Amer. Midl. Nat*., 92, 2 : 357-369.

KEMP, C. & KEMP, A., 1956 - The analysis of point quadrat data, *Austr. J. Bot*., 4, 2 : 167-174.

KEMP, C., 1960 - Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurements, *Ann. Bot*., NS, 24, 96 : 491-499.

KENNEDY, R., 1972 - The sickledrat : a circular quadrat modification usefull in grassland studies, J. Rg. Mgt., 25, 4 : 312-313.

KENNEDY, W. & REID, J., 1963 - Determination of herbage quality in *Amer. Soc. Agron*. : 43-72.

KENNEDY, W. & REID, J., 1963 - Herbage production and yield, in *Amer. Soc. Agron.* : 73-108.

KERGUELEN, M., 1954 - Etude de quelques herbages des Vosges, *Ann. INRA*, B, 1 :33-50.

KERGUELEN, M., 1960 - Quelles indications peut-on retirer de l'analyse botanique des herbages*, Fourrages*, 4 :70-82.

KERSHAW, K., 1957 - The use of cover and frequency in the detection of pattern in plant communitues, *Ecology*, 38 : 291-299.

KERSHAW, K., 1958 - An investigation of the structure of a grassland community, *J. Ecol.,* 46-47 :571-592.

KERSHAW, K., 1960 - The detection of pattern and association, *J. Ecol.,* 48, 1 :233-242.

KHAN, Ch., 1974 - New adjustable, decimal, collapsible quadrat vs three old quadrats - an evaluation, *J. Rg. Mgt*., 27, 1 : 71-74.

KIFFMANN, R., 1960 - *Sauergräser, Binsengewächse und sontige grasartige Pflanzen, Bestimmunssatlas für Sämereien der Wiesen- und Weidepflanzen des mittleuropäischen Flachlandes*, Freising-Weihenstephan, Teil B, 46 p.

KIFFMANN, R., 1960 – *Echte Gräser, Bestimmunssatlas für Sämereien der Wiesen- und Weidepflanzen des mittleuropäischen Flachlandes*, Freising-Weihenstephan, Teil A, 30 p.

KIM, D., 1964 – Studies on the use of the point quadrat methods – I – A comparison of the vertical point quadrat and inclined point quadrat methos in analysis of pasture mixtures *J. Jap. Grassld. Sci*., 10 1 : 13-17.

KIM, D., 1967 – A statistical study ot point quadrat method used in determining the botanical composition of natural grassland and pasture mixtures, *Res. Rep. Office, Rur. Dev. Suwon* (Corée), 10 4 : 21-27.

KINSINGER, F., ECKERT, R. & CURRIE, P., 1960 - A comparison of the line-interception, variable plot and loop methods as used to measure shrub-crown cover, *J. Rg. Mgt*., 13 : 88-92.

KITTREDGE, J., 1944 - The estimation of amount of foliage tree and stands, *J. Forest*., 42 : 905-912.

KLAPP, E., 1954 - *Wiesen und weiden*, P. Parey, Berlin, 519 p. (édition, 1971 – 620 p.)

KLAPP, E., 1958 - *Grünland krauter*, Paul Parey, Berlin, 96 p.

KLAPP, E. 19.. – *Tachenbuch der graser*, P. Parey, Berlin ; traduction de la clef par Gonsalvez, Centre Emberger, Montpellier, 25 p

KLAPP, E., 1965 - *Grünland vegetation und Standort*, P. Parey, Berlin, 384 p.

KLAPP, E., BOEKER, P., KONIG, F. & STAHLIN, A., 1953 - Wertzahlen des Grünlanddflanzen, *Das Grünland*, 5 : 38-40.

KLEIN, H., 1981 - Contribution à l'estimation de la production sur pâturage sahélien au Niger, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 34, 2 : 211-230.

KNIGHT, D., 1973 - Leaf area dynamics of a shortgrass prairie in Colorado, *Ecology*, 54, 4 :891-896.

KOBATACHI, S., 1975 – The species area relation – II. A second model for continuous sampling, *Res. Popul. Ecol*., 16, 2 : 265-280.

KONATÉ, T.S., 1994 - *Agrométéorologie appliquée à la surveillance des ressources pastorales au Mali*, Rapport OMM, CIRAD-EMVT, Montpellier, 60 p.

KOECHLIN, J., 1961 - *La végétation des savanes dans le sud de la république du Congo*, ORSTOM, Montpellier, 310 p.

KOFFI, V., 1979 - *Repousse herbacées après feu de saison sèche en zone de savane soudano-guinéenne*, Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 27 p.

KORHONEN, J., 1979 - One person circular plot establishment, *Forest Chron*., 55 51-53.

KOUROTCHKINA, L., 198a - Principes écologiques de la bonne exploitation des pâturages, *in* NETCHAYEVA, 1984a : 170-179.

KOUROTCHKINA, L., 1984b - Etude des cénopopulations de la végétation du désert*, in* NETCHAYEVA, 1984b : 37-46

KOZHEVNIKOV, Y. – 1974 – Experiment in ecologico-floristic comparison of habitat type, *Ekologya*, 5, 2 : 24-33.

KRASILNIKOV, P., 1957 - Complément aux méthodes d'étude sur le terrain du système racinaire de plantes buissonnantes, Botanical Zurnal, 42, 2 : 249-254 (traduit du russe par M. Gonsalves)

KREIS, M., 1988 - *Contribution à l'étude agropastorale de la province de Borgou (République populaire du Bénin*), Mém. Ing. Agro., Univ. Libre, Bruxelles, 155 p.

KREIS, M., LEJOLY, J. et SINSIN, B., 1989 - Etude agrostologique des parcours naturels du sud Bourou (Rép. Pop. Bénin), *Actes XVI Congr. Int. Herb. Nice*, A.F.P.F., Versailles : 1409-1410.

KRUIJNE, A. & DE VRIES, D., 1955 - *Vegetative herkenning van onze graslandplanten*, Veenman et Zonen, Wageningen, 86 p..

KRUIJNE, A. & DE VRIES, D., 1963 – *Gegevens betreffende belangrijke graslandplanten*, Med N° 225, Inst. Biol. Scheik. Landb., Wageningen, 45 p. + annexes

KUCHLER, A.W., 1949 - A physiognomic classification of vegetation, *Ann. Ass. Amer. Géogr.*, 39, 3 : 201-210.

KUCHLER, A.W., 1967 – *Vegetation mapping*, Ronald press Cie, N.Y., 472 p.

KUHNHOLTZ-LORDAT, G., 1949 - L'ager, le saltus, la sylva... et le cadastre, *B.T.I.*, 37 : 55-58.

KUHNHOLTZ-LORDAT, G., 1953 - Semis et phytosociologie, *B.T.I.*, 84 : 799-800.

KUMSA, L., 2010 – *Floristitic composition and structure of Gura-Lopho moist afromontane forest, Horo-Guduru Wollega zone, West Ethiopia*, Thèse de maitrise, Univ. D'Addis Ababa, 91 p.

KYDD, D., 1957 - Grazing intensity - Its effect on botanical composition, extr. *Agric. Rev.*, 6 p.

KUMMERROW, J., 1988 - Structure of roots and root systems *in* di CASTRI et al. *Ecosystems of the world, 11 : Mediterranean type shrublands*, Elsevier, Amsterdam : 269-288.

KWIATKOWSKA, A. 1984 - Species frequency distribution as a function of the area size, *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 53, 1 : 87-98.

KWIATKOWSKA, A. & SYMONIDES, E., 1978 - Some remarks on the methods of assessing the population density of higher plants in cases of aggregated spatial structure, *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 54, 1-2 : 91-106.

KWIATKOWSKA, A. & SYMONIDES, E., 1985a - Statistical analysis of the phytocoenose homogeneity. I. Distribution of the total species diversity and evenness indices as a homogeneity measure, Acta Soc. Bot. Poloniae, 54, 4 : 449-463.

KWIATKOWSKA, A. & SYMONIDES, E., 1985b - Statistical analysis of the phytocoenose homogeneity. II. Species frequency distribution and frequency distribution of the standing biomass as a function of the area size, *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 54, 4 : 465-475.

KWIATKOWSKA, A. & SYMONIDES, E., 1985c - Statistical analysis of the phytocoenose homogeneity. III. Spatial distribution of species and their standing biomass as a function of the area size, *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 54, 4 : 477-491.

KWIATKOWSKA, A. & SYMONIDES, E., 1985d - Statistical analysis of the phytocoenose homogeneity. IV. Species number and biomass value as a function of the area size, *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 54, 4 : 493-509.

KWIATKOWSKA, A. & SYMONIDES, E., 1985e - Statistical analysis of the phytocoenose homogeneity. V. Frequency distributions of similarity and distance coefficients as a function of the area size, *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 54, 4 : 511-521.

KWIATKOWSKA, A. & SYMONIDES, E., 1986 - Statistical analysis of the phytocoenose homogeneity. VI. Frequency distributions of the total species diversity and evvenness as a function of the area size. Summing-up discussion, *Acta Soc. Bot. Poloniae*, 55, 1 : 129-140

KOUONMENIOC, J. – 1990 - *Les ligneux fourragers au Cameroun : productivité et intérêt pour la production animale en région guinéenne*, Thèse doctorat d'Université, Univ Paris-Sud-Orsay, Paris, 191 p.

L

L'HERMITAGE, M., 1972 - Détermination au stade herbacé des principales graminées des prairies et pâturages d'Algérie, *Ann. Inst. Agric. Serv. Rech. Exp. Agric. Algérie*, 7, 3 : 1-??.

L'HOMME, G. Edit., 1988 - *Mieux utiliser les estives*, ENITA, Clermont-Ferrand, 12 fasc.

LA LANDE CREMER, L. de, 1976 - Expériences de fertilisation minérale et organique sur prairie permanente (1899-1969), *Ann. Agron.,* 27, 5-6 : 1007-1026.

LACA, E., DEMMENT, M., WINCKEL, J. & KIE, J., 1989 - Comparison of weight estimate and rising-plate meter methods to measure herbage mass of a montain maedow, *J. Rg. Mgt*., 42, 1 :71-75.

LAFFINEUR, B., 1998 - Utilisation de la méthode de diagnostic de prairie dans une opération agr-environnementale, *Fourrages*, 153 : 51-57.

LAISSUS, R., 1984 - Comment faire le diagnostic des prairies permanentes à resemer, *Fourrages*, 98 : 127-135.

LAISSUS, R. & JEANNIN, B., 1978 - Evolution des prairies pâturées, *Fourrage*s, 74 : 29-36.

LAISSUS, R. & POISSONET, J., 1971 - Quelques résultats des essais sur prairie permanente dans le "Domaine expérimental du Vieux Pin", *in* DAGET, Ph. Edit., *Méthodes d'inventaire* : 145-154.

LALOUX, R., NOIRFALISE, A. & THILL, A., 1950 - Contribution à la méthodologie de l'étude des prairies, *Bull. Inst. Agron. Gembloux*, 18, 5 : 3-4.

LAMARQUE, G., 1975 - Quatorze ans de cartographie des pâturages à l'I.E.M.V.T, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako*, ILCA, Addis Abbeba, 341-344.

LAMBERT, J., 1963 - Recherches phytosociologiques sur les prairies de la Moyenne Ardenne, *Agric*., 9, 1 : 1-198.

LAMBERT, J., 1965 - La prairie à colchique : une des plus intéressante formation végètale d'Ardennes en voie de disparition, *Neth. J. Agric. Sci*., 13, 2 : 129-142.

LAMBERT, J., 1968 - *Bref aperçu sur les méthodes de Vries (Wageningen),* Lab. Ecol des Prairies, Univ. Louvain la neuve, 10 p.

LAMBERT, J., 1971 - Les méthodes d'analyse prairiale de l'école de D.M. De Vries, in DAGET, Ph. Edit., Méthodes d'inventaire : 73-84.

LAMBERT, J., 1972a - *Agrostologie des régions tempérées*, Lab. Ecol des Prairies, Univ. Louvain la neuve, 22 p.

LAMBERT, J., 1972b - *Détermination des principales composantes de la prairie, au stade végétatif*, Lab. Ecologie des prairies, Michamps, 16 p.

LAMBERT, J., 1973- Applications pratiques des données phytosociologiques et écologiques au problème du pâturage, *C.R. Symp. Int., Ecol. Bratislava Q*uaestiones geobiologicae – Biologie krajiny, 11 : 75-90.

LAMBERT, J., DENUDT, G. & TOUSSAINT, B., 1973 - *L'indice de modification spécifique : une mesure des effets primaires et secondaires de la fumure azotée*, Lab. Ecol. Prairies, Univ. Louvain la Neuve, 7 p.

LAMY, F., 1988 - *Recherches sur la végétation et la valeur fourragère de prairies du marais poitevin*, Mémoire, Lab. Ecol. Phytosiologie, Univ. Nantes, 55 p.

LANDAIS, E. & BALENT, G., 1993a - *Pratiques d'élevage extensif, identifier, modéliser, évaluer,* Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement N 27, INRA, Versailles, 380 p.

LANDAIS, E. & BALENT, G., 1993b - Introduction à l'étude des systèmes d'élevage extensif, in LANDAIS et al. : 13-34.

LANNOY, L., 1994 - *Importance des ligneux pour la gestion des pâturages caprins en zones communales zimbabweennes : identification des espèces et estimation de la biomasse foliaire disponible*, Mémoire DESS, Muséum Nat. Hist. Nat., Paris, 95 p.

LASSIMONNE, S., 1889 - Les plantes des prés du Bourbonnais, E. Auclaire, Moulins, 100 p.

LE BRAS, M., 1984 - *Applications pratiques de la notion de valeur pastorale*, Mém. Ing., E.N.I.T.A., Quiétigny, 85 p.

LEBRUN, J., 1964 – A propos des formes biologiques en région tropicale, *Bull. Acad. R. Sci. Outre-mer* : 926-937.

LEBRUN, J., 1966 – Les formes biologiques dans les végétations tropicales, *Mémoire Soc. Bot. France* : 164-175.

LEBRUN, J.-C., 1972 - Nouvelles observations sur les formes dunaires sableuses fixées du ferlo nord-occidental (Sénégal), *Bull. Ass. sénég. Quatern. Ouest-Afr.*, Dakar/Sénégal.

LECLERC, B., 1984 - Utilisation du maquis corse par les caprins et des ovins, *Acta Oecol., Oecol. Appl*., 5, 4 : 383-406 ; 6, 4 : 303-314 ; 7, 2 : 123-149.

LECLERC, B., 1985 - Utilisation du maquis corse par les caprins et des ovins, II. Comparaison des régimes des ovins et des caprins, Oecol. Appl., 6, 4 : 303-314.

LECLERC, B. & LECRIVAIN, E., 19.. - Influence des pratiques des éleveurs sur le comportement alimentaire des ovins et des caprins, ...

LECOQ, H., 1862 - *Traité des plantes fourragères*, La maison rustique, Paris, 503 p.

LECOQ, H., 1854 – *Etudes sur la géographie botanique de l'Europe et en particulier du plateau central de la France*, Baillières, paris, 9 vol.

LEDENT, J., 1976 – Comment interpréter les fréquences de contact dans l'analyse des surfaces photosynthétiques par la méthode des points quadrats, spécialement dans le cas d'une distribution binomiale négative, *Biométrie-Praximétrie*, 16, 1-2 : 37-49.

LELIEVRE, F. & VOLAIRE, F., 1990 - Elevage et problématique de l'amélioration fourragère en Corse, *Fourrages*, 121 : 29-45.

LECOMPTE, D., 1991 - Diagnostic et rénovation de prairies, *Fourrage*s, 125 : 35-39.

LECOMPTE, D., s.d. – *Clé de détermination des principales graminées prairiales,* GNIS, Paris, 4 p.

LECOMPTE, D. & JEANNIN, B., 1993 - Diagnostic et rénovation des prairies en France*, BTI*, 11-12 : 99-121.

LEDENT, J.F., 1976 - Comment interpréter les fréquences de contact dans les analyses de surface photosynthétiques par la méthode des points-quadrats dans le cas d'une distribution binômiale négative, *Biom.-Praxim.,* 16 : 37-49.

LE FLOC'H, E. Edit., 2007 – *Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation*, Contribution technique n°1, ROSELT/OSS, 176 p. **www/prog.oss.org.tn/roselt/download/CTO1-fr.pdf**

LE HOUEROU, H.N., 1973 - *Appétabilité des espèces végétales de la Tunisie steppique*, Doc. Trav. Proj. F.A.O. 71/525, Tunis, 68 p.

LE HOUEROU, H.N. Edit., 1978 - Les fourrages ligneux d'Afrique, CIPEA, Addis Abbeba, ...

LEMAIRE, G., SALETTE, J. & LAISSUS, R., 1982 - Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps - I – La production et sa variabilité, *Fourrages*, 91 : 3-16.

LEMMON, P., 1956 - A sperical densiometer for estimating forest overstory density, *Forest sci.,* 2, 4 : 314-320.

LEMMON, P., 1957 - A new instrument for measuring forest overstory density, *J. Forest*. 19 : 247-249.

LEROY, A.M., 1949 - Essai de détermination d'un bilan fourrager de la France métropolitaine, *B.T.I*., 37 : 59-66.

LEROY, A.M., 1954a - *Elevage rationnel des animaux domestiques I Alimentation*, Hachette, Paris, 330 p.

LEROY, A.M., 1954b - *Elevage rationnel des animaux domestiques II Les races domestiques françaises*, Hachette, Paris, 330 p.

LEROY, A., MATHEY, F., QUIBLIER, M. & SENN, O., 1991 - *Freissinieres, Diagnostic pastoral sur cinq alpages*, CERPAM, Manosque, 93 p.

LETOUZEY, R., 1968 - La récolte des échantillons botaniques, *Bois et Forêts des Tropiques*, 121 : 45-54.

LETOUZEY, R., 1982 - *Manuel de botanique forestière - Afrique tropicale* - tome 1, C.T.F.T., Nogent-sur-Marne, 193 p.

LEVANG, P. et GROUZIS, M., 1980 - Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes : application à la mare d'Oursi, Haute Volte, *Acta Oecol., Oecol. Plant*., 1,3 :231-244.

LEVY, B., 1927 - The grasslands of new Zealand, Regrassing experiments on deteriorated hill country in Whangamomona count y, *N.Z. J. of Agric*., 34 : 145-164 ; 35 : 361-375.

LEVY, B. & SMITH, J., 1929 - Farmer's pasture competitions*, N.Z. J. of Agric*., 38 : 117-121.

LEVY, B. & MADDEN, E., 1933 - The point method of pasture analysis, N.Z. J. of Agric., 46 : 267-279.

LEWALLE, J., 1983 - Universalité des types biologiques, *Les Naturalistes belges*, 64, 6 : 223-227.

L'HOMME, G. Edit., 1985. – *Mieux utiliser les estives*, Enita, Lempdes, 126 p. en 14 fascicules

LI, T.X. & SOSA RAMIREZ, J., 1987 - *Phytoécologie et potentialités agro-pastorales et forestières du Mont-Lozère (France*), Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 268 p. + annexes.

LI, Y.H., 1991 - *Ecologie et potentialités pastorales des steppes de Mongolie intérieure*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 305p.

LI, Y.H., GODRON, M., POISSONET, J. & SHU, J., 1990 - An ecological study on typical steppe of inner Mongolia with the methods of the "Ecothèque" of Montpellier II. Research on exploitation of steppe species by domestic animals, ZZZ : 259-267.

LIMBOURG, P., 1965 - *Recherches d'écologie herbagère*, Centre Rech. Elevage Prod. Four. Haute-Belgique, Gembloux, 135 p. + annexes.

LINDSAY, A., 1956 - Sampling methods and community attributes in forest ecology, *Forest sci.,* 2, 4 : 287-296.

LOCATELLI, B., 1996 - *Forêts tropicales et cycle du carbone*, Coll. Repères, Cirad, Montpellier, 92 p.

LOFTI, A., 2008 – *Durabilité écologique des paysages agricoles et production de bois, bocage et néobocage*, Thèse, Univ. Rennes I, 241 p. http: //tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/58/82/28/PDF/thèse_Ali_Lofti_2008.pdf

LOISEAU, P., 1983 – Un puissant outil d'amélioration des parcours : le parcage nocturne, *Agronomie*, 3, 4 : 375-385.

LOISEAU, P., 1988 – Signification et limite de l'indice de valeur pastorale pour le diagnostic de la valeur agricole des pâturages de moyenne montagne humide, *Comm. XVI° Réunion amicale de phytosociologie*, Paris, 10 p.

LOISEAU, P., 1991 – Diagnostic appliqué à la gestion des pâturages de montagne, *Fourrages*, 125 : 41-59.

LOISEAU, P. & BECHET, G., 1975 - Implications agronomiques de la selection alimentaire exercée par les ovins sur les constituants d'une végétation pâturée, *Ann. Agron*., 26, 3 : 289-307.

LOISEAU, P., IGNACE, J.C. & L'HOMME, G., 1987 - Extension et amélioration d'une estive sur lande à Callune, *Fourrages,* 112 : 363-381.

LOISEAU, P. & MERLE, G., 1981 - Production et évolution des landes à Callune dans la région des Dômes (Puy-de-Dôme), *Oecol. Appl*., 2, 4 : 283-298.

LOISEAU, P. & SEBILLOTTE, M., 1972 – *Etude et cartographie des pâturages du Maroc oriental*, MARA/ERES/SCET, Coopération, paris, 3 vol.

LONCHAMP, J.P., 1977 - *Etude phytoécologique et essai de typologie des prairies permanentes de l'Auxois*, Thèse, Fac. Sci. Franche-Comté, Besançon, .. p.

LONCHAMP, J.P., 1977 – A propos d'une méthodologie applicable à la typologie prairiale, *Ann. Sci. Univ. Besançon*, III, 18 : 1-25.

LONG, G., 1957 - La "3-step method Description sommaire et possibilités d'utilisation pour l'observation permanente de la végétation, *Bull. Serv. Carte Phyt*., B, 2, 1 : 35-43.

LONG, G., 1957 - Description d'une méthode linéaire pour l'étude de l'évolution de la végétation, *Bull. Serv. Carte Phyt*., B, 3, 2 : 107-128. Et Cnrs-Cgv, Montpellier, 18 p.

LONG, G., 1958 – *Aide mémoire pour la préparation d'un programme de recherches et de vulgarisation en vue de l'étude des pâturages*, Cnrs-Cgv, Montpellier, 3 p.

LONG, G., 1960 - Les terrains de parcours de plaine, de plateaux et de basse montagne dans la région méditerranéenne, Fourrages, 4 : 83-96.

LONG, G., 1969 - Ecologie générale et aménagement du territoire, *Science Progrès La Nature*, 34, 2 : 281-288.

LONG, G., 1971 - Relevé normalisé et formulaire précodé, *in* Ph. DAGET Edit., *Méthodes d'inventaire* : 11-18.

LONG, G., 1974 - *Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire*, Masson Paris, 2 vol.

LONG, G., 1975 – Bases écologiques de l'aménagement du territoire et de la gestion des ressources naturelles biologiques dans les zones arides de l'Afrique du nord, symposium de Bet-Dagan : *Recherches écologiques relatives au développement des zones arides*, Centre Volcani, Bet-Dagan, Publ. N° 39 : 17-33.

LONG, G., DAGET, Ph., POISSONET, J., ROMANE,F., GUILLERM, J.L., WACQUANT, J.P. et DELPECH, R., 1972 - Contribution de la phytoécologie au diagnostic des conditions hydriques des sols, *B.T.I.*, 271-272 :750-802.

LONG, G., POISSONET-OGEREAU, P., POISSONET, J., DAGET, Ph. et GODRON, M., 1970 - *Méthode d'analyse par points de la végétation prairiale dense, Comparaison avec d'autres méthodes*, Doc N° 55, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 32 p.

LONG, G., POISSONET-OGEREAU, P., POISSONET, J., DAGET, Ph. et GODRON, M., 1972 - Improved needle point frames for exact line transects, *J. Rg. Mgt*., 25, 3 :228-229.

LONGUO, H., CHELMA, A. & OULED BELKHER, A., 1988 - Quelques aspects botaniques et nutritionnels des pâturages du dromadaire en Algérie, *Options Médit.,* A, 2 : 47-54.

LOUAULT, F., MONTARD, F. de, BRELURUT, A., THERIEZ, M., PAILLEUX, J., BENOIT, M. & LIÉNARD, G., 1998 – Extensification en élevage ovin par agrandissement des surfaces. Adaptation de la gestion des prairies, *Fourrages*, 154 : 217-238.

LOUSA, M., 1973 - *Tipos de graminais da pradaria de Guara-Guara e planicie do rio Mecicabo*, Inst. Inv. Agron. de Moçambique, Lourenço Marques, 14 p.

LOUSA, M., 1973 - *Componantes agrostologicas das pastagens espontaneas do Estado Portugues de Moçambique*, Inst. Inv. Agron. de Moçambique, Lourenço Marques, 295 p.

LOOMAN, J., 1976 - Productivity of permanent bromegrass pastures in the parklands of the Prairie Provinces, *Canadian journal of Plant sciences*, 56 : 829-835.

LOVE, R., 1961 - The range - Natural plant communities or modified ecosystems*, J. Br. Grassl. Soc*., 16 : 89-99.

LOVETT, J. & BURCH, G., 1972 - The electronic measurement of small herbage yields using a high sensivity capacitance meter, *J. Br. Grass. Soc.,* 27, 2 :83-86.

LUSIGI, W., 1984 - Problèmes et perpectives de la double utilisation des pâturages par les animaux sauvages et domestiques en Afrique de l'Est, *in* NETCHAYEVA, 1984b : 119-126.

LYON, L., 1968 - Estimating twig production of serviceberry from crown volume, *J. Wildl. Mgt*, 32 : 115-119.

LYUBARSKII, E., 1974 - Profected-cover estimation for grassland components, *Soviet. J. Ecol.,* 5, 1 : 81-82.

LECONTE, D. ? – Cle de détermination des principales graminées prairiale, GNIS, 4 p.http://www.prairies-gnis/pdf/CLE-DE-DETERMINATION.pdf

M

MAC-ARTHUR, R. & HORN, H., 1969 - Foliage profile by vertical measurements, *Ecology*, 50 : 802-804.

MACNAB, J., 1985 - Carrying capacity and relatedslippery shibboleths, *Wildlife Soc. Bull.,* 13 : 403-410.

MAGNANON, S., 1987 - *Recherches sur la végétation et l'exploitation fourragère d'un secteur des marais de Donges (Parc naturel régional de Brière),* Rapport, Lab. Ecol. Phytogéogr., Univ. Nantes, 82 p.

MAGNANON, S., 1991 - *Contribution à l'étude des prairies naturelles inondables des marais des Donges et de l'estuaire de la Loire,* Univ. Sci. Tech., Nantes,310 p.

MAHAMANE, S., 1990 – *La végétation des milieux drainés nigériens à l'est du fleuve Niger*, Thèse de doctorat ès sciences, Niamey, 425p.

MAINGUY, P., 1958 - Les herbages tropicaux. Revue synoptique des principales méthodes d'étude : application à l'échantillonnage de la végétation, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 11, 3 : 305-338.

MAITRE J.P. 1980 - Une méthode non destructive d'estimation de la surface des feuilles de Trifolium repens L. à partir de mesures des dimensions linéaires, *Acta Oecol. Oecol. Plant*., 1, 2 : 179-184.

MAKOUBEKOVA, G. & PLISSAK, R., 1984 - La description des séries de paysages écologiques à des fins de typologie et de la dynamique des écosystèmes de pâturage, *in* NETCHAYEVA, 1984b : 27-37.

MANNING, M., SWANSON, S., SVEJAR, T. & TRENT, J., 1989 - Rooting characteristics of four intermountain meadow community types, *J. Rg. Mgt.,* 42, 4 : 309-311.

MANSION, D., 2010 – *Les trognes : L'arbre paysan aux mille usages* , Préface de Francis Hallé, Editions Ouest-France, 143 p.

MANSION, D., 2011 – Trognes, le livret des arbres têtards http://www.arbre-et-paysage32.com/pdf/page08/Livret_Trognes_AP32.pdf

MARSHALL, J., 1967 – The photographic-photoelectric palnimeter combination mathod for leaf area measurement, Photosynthetica, 2, 1 : 1-9.

MARLANGE, M. & POISSONET, J. Edit., 1966 - *Séminaire sur les formations herbacéées denses (Plateau de Salers, Cantal*) Juin-Juillet 1965, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 67 p.

MARQUES, T., 2004 – Predicting and correcting bias caused by error measurement in line transect sampling using multiplicative error models, *Biometrics*, 60 : 757-763.

MARTIN, G., 1979 - Récolte et préparation des échantillons botaniques en vue de leur identification, *Oléagineux*, 34, 12 : 581-585.

MATHIEU, A. & FIORELLI, J.L., 1985 - Utilistation d'un herbomètre pour l'interprétation du déroulement d'un pâturage, *Fourrages,* 101 : 3-30.

MATHIEU, A. & HAVET, A., 1992 - Mode de description des prairies permam\nentes pâturées en termes d'éléments physionomiques *Fourrages*, HS : 174-175.

MATHIEU, A. & VAUBERNIER, E. de, 1988 - Physionomic description of sward heterogeneity as an indicator for grazing management diagnosis*, Proc. XII th Gal. Meet. Eur. Grass. Fed., Dublin* : 312-316.

MAYDELL, H.J. von, 1983 - Arbres et arbustes du Sahel, leurs caractéristiques et leurs McINTYRE, G., 1953 - Estimations of plant density using line transects, *J. Ecol*., 41 : 319-330.

McNAUGHTON, S., 1988 – Mineral nutrition and spatial concentration of african ungulate, *Nature*, 334 : 343-345.

McQUEEN, D.R., 1966 - *La répartition quantitative des racines absorbantes*, Thèse Fac. Sci., Montpellier,

MEAD, R., 1974 - A test for spatial pattern at several scales using data from a grid of contnuous quadrats, *Biometric*s, 20 : 295-307.

MEBIROUK-BOUDECHICHE, L, BOUDECHICHE, L, TOUATI, A, TAHAR, A & ARABA, A 2010 -Valeur alimentaire et composition floristique des prairies permanentes multi espèces: résultats d'une étude conduite au Nord-est algérien. *Livestock Research for Rural Development. Volume 22,* http://www.lrrd.org/lrrd22/8/boud22144.htm

MEDDOUR, R., 2008 – La méthode phytosociologique sigmatiste *http://WWW.telabotanica.org /page_methode_phytosociologique _sigmatiste.php*

MEDIOUNI, K., BOUZENOUNE, A. & DJEBAILI, S., 1982 - Quelques cas de représentation cartographique des écosystèmes naturels en zones arides et semi-arides, *Biocénose*, 1, 2 :

MEERTS, P., 1987 – Essai d'application d'une méthode de cartographie floristique en réseau à très grande échelle à l'étudephytosociologique d'une prairie semi-naturelle à Risengart (Belgique), *Bull. Jarb. Not. Nat; Belgique*, 57, 34 : 277-306

MEISSER, M. 2007 – Workshop VP, http://www.adcf.ch/pdf/27avril07/6_marco.pdf

MEISSER, M. & TROXLER, J., 2007 – Effet du niveau de chargement sur la composition botanique d'un estivage jurassien, *Rev. Suisse Agric*.,39, 2 : 67-71.

MENARD, M., JURDANT, M., et al., 1974 - *Code pour les relevés d'inventaires écologiques du territoire*, Min. Terres et forêts, Dir. Gén. des forêts, Serv. Rech., Quebec, 254 p.

MENAUT, J.C., 1971 - *Etude de quelques peuplements ligneux d'une savane guineenne de Côte d'Ivoire*, Thèse, Fac. Sci., Paris, 153p.

MENNESSIER, M., 1989 - Le campagnol préfère la France, *Sciences et Vie*, 869 : 58-60.

METHY, M., 1977 - Estimation quantitative de la biomasse aérienne d'un peuplement de Graminées par une méthode optique non destructive, *Oecol. Plant*., 12, 4 : 395-401.

MICHEL, P., 1982 – Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial Ryegrass-White clover swards, *Grass and Forages Sci.,* 37 : 81-87.

MIGAHID, A., EL-SHARKAWI, H., BATANOUNY, K. & SAHLABY, A., 1975 - Phytosociological and ecological studies of Maktila sector of Sidi-Barrani, IV. Range potentialities of the communities, *Feddes repertorium*, 86, 9-10 : 579-587.

MILLER, J., 1954 - Accuracy of eye observations in pasture trials, *Proc. N. Z. Grassl. Ass*., 16 : 186-192.

MILLER, J., 1967 - A formula for average foliage density, *Aust. J. Bot.,* 15 : 141-144.

MILNER, C. & ELFYN HUGHES, R., 1968 - *Methods for the measurement of primary production of grasslands*, IBP Handbook, Blackwell, Oxford, 70 p.

MILTON, W. & DAVIES, R., 1947 - The yield, botanical and chemical composition of natural hill herbage under manuring, controlled grazizng and hay conditions, *J. Ecol*., 35 : 65-95..

MINSON, D. & WHITEMAN, P., 1990 - A standard livestock unit (SLU) for defining stocking rate in grazing studies, *Actes XVI Congr. Int. Herbages Nice, A.F.P.F., Versailles*, 2 : 1117-1118.

Mission Haies, s.d., *Typologie des haies en Auvergne*, Puy de Dome-Conseil général, Clermont-Ferrand, 7 p. http://www.apbg.org/clermont/docs/typologiehaies.pdf

MITCHELL, P., 1982 – Value of a rising plate metre for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-wight clover swards, *Grass and forage Sci*., 37 : 81-87.

MITCHELEY, J. & WILLEMS, J., 1995 – Vertical canopy structure of dutch chalk grasslands in relation to their management, *Vegetatio*, 117 : 17-27.

MOLENAT, G., ADAMA, T., LAPEYRONIE, P. & GOUY, J., 1995 – Comparaison entre les prélèvements pastoraux déterminés par des lectures de végétation et l'estimation des quantités ingérées par des brebis sur trèfle souterrain et végétation steppique, *Ann. Zootech*., 44 : 242.

MOLENAT, G., FLAMANT, J., THIAULT, M., & HUBERT, D., 1976 - Utilisation des parcours de la France méridionale, *Fourrages*, 67 : 79-103.

MOLINIER, R. & TALLON, G., 1947 - Note sur les possibilités d'extension ou d'amélioration des prairies de Camargue, *B.T.I*., 23-24 : 83-86

MONNIER, F. & PIOT, J., 1964 - Problèmes de pâturage dans l'Adamoua, *Bois et Forêts des tropiques*, 97 : 3-16 ; 98 : 13-26.

MONTARD, F.X. de, 1982 - Amélioration pastorale des landes de Callune des monts du Forez par la fauche et la fertilisation, *Fourrages*, 91 : 17-36.

MONTARD, F.X. de, 1986 – Mise au point d'une méthode pratique pour la calcul de la fertilisation des prairies dans le massif-Central humide, *Fourrages*, 108 : 39-78.

MONTARD, F.X. de, 1983 - Climat et potentialités fourragères*, in* GACHON & FEL Edit., *La Margeride,la montagne, les hommes*, INRA, Paris : 439-456.

MONTARD, F.X. de, 1983 - Productivité fourragère des prés et des paccages, *in* GACHON & FEL Edit., *La Margeride,la montagne, les hommes*, INRA, Paris : 457-474.

MONTARD, F.X. de, 1983 - Les landes à callune : valeur pastorale, *in* GACHON & FEL Edit., *La Margeride,la montagne, les hommes*, INRA, Paris : 475-500.

MONTAER, F.X. de & BLANCHON, 1985 – La prairie permanente, base fourragère modelée par la gestion de l'exploitant, *B.T.I*., B2-25, M3-92 : 309-401 & 375-381

MONTARD, F.X. de, DAGET, Ph. & POISSONET, J., 1983 - Eléments sur les climats, les sols et les types de végétation*, in* GACHON & FEL Edit., *La Margeride,la montagne, les hommes*, INRA, Paris : 429-438.

MONTARD, F.X. de & GACHON, L. - 1978 - Contribution à l'étude de l'écologie et de la productivité des pâturages d'altitude des Monts Dore I. Application des l'analyse factorielle des correspondances à l'analyse de la végétation, *Ann. Agron*., 29, 3 : 277-310.

MONTARD, F.X. de & GACHON, L. - 1978 - Contribution à l'étude de l'écologie et de la productivité des pâturages d'altitude des Monts Dore II. Répartition et extension géographique des faciès de végétation pastoraux, *Ann. Agron*., 29, 4 : 405-417.

MONTARD, F.X. de, GACHON, L. & SERVIER, J.M., 1975 - Régénération des pâturages sur le massif du Forez à partir de la végétation spontannée, *Actes 98 Congr. Nat. Soc. Sav., Sect. Sciences*, 1 : 322-329.

MONTAGNE, E., 1989 - La grande parade des portables, *Soft & Micro*, 58 :66-72.

MOORE, P., 1954 – Spacing in plant populations, *Ecology*, 35 : 222-227

MORRIS, M., JOHNSON, K. & NEAL, D., 1976 - Sampling shrub ranges with an electronic capacitance instrument, *J. Rg. Mgt*., 29, 1: 78-81.

MORRIS, J. & MULLER, P., 1970 - Seasonal variations of grassland basal cover, *Proc. Grassl. Soc. Sth. Afr.,* 5 : 145-152.

MORRISSON, R. & YARRANTON, G., 1970 - An instrument for rapid and precise point sampling of vegetation, *Can. J. Bot*., 48, 2 : 293-297.

MOTT, G., 1960 – Grazing pressure and the measurement of pasture production, *Proc. VIII° Int. Grassl. Congr*. : 606-611.

MOULD, F., 1992 - Use of a modified rising-plate meter to assess changes in sward height and structure, Norv. J. Agric. Sci., 6 : 375-382.

MOULE, C., 1971 - *Phytotechnie spéciale I Fourrages*, La Maison rustique, Paris, 190 p.

MOUNTIER N. & RADCLIFFE, J., 1964 - Problems in measuring pasture composition in the field, *N. Zeal. J. Bot*., 2, 1-2 : 90-105 ; 131-142 ; 1965, 3, 4 : 243-252.

MOUNIN, G., 1976 – *Linguistique et traduction*, Bruxelles, Dessart & Margada, 276 p.

MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H., 1974 - *Aims and methods of vegetation ecology*, Wiley, N.Y., 548 p.

MULLER, P., 1963 – A steve point apparatus for vegetation study and measurement on steep and rock-strewn slopes*, S. Afr. Agric. Sci*., 6,2 : 339-343.

MULLER, S., 1986 - *La végétation du pays de Bitche (Vosges du Nord) Analyse phytosociologique Application à l'étude synchronique des successions végétales,* Thèse, Univ. Paris-Sud, Orsay, 295 p.

MUNRO, J. & WALTERS, R., 1986 - The feeding value of grass, in FRAME, Edit. : 65-78.

MURRAY, R. & JABOBSON, Q., 1982 - An evaluation of dimension analysis for predicting shrub biomass, *J. Rg. Mgt*., 35, 4 : 451-454.

MURPHY, W. & LEE, J., ... - The value of botanical analyses and surveys in relation to grassland productivity, 5 p.

MUSTART, P., MOLL, E. & TAYLOR, H., 1993 – The efficient use of small plots in a finbos phytosociological study in the northern Cederberg : a quick way to collect plant-environmental data, *Bothalia*, 23, 2 : 265-269.

N

NAGEL, H., 1967 – A comparison of point contact methods and clip quadrat in analysis of ungrazed mixed prairie, *Trans. Kansas Acad. Sci*., 70, 4 : 497-504.

NAVEH, Z., LANDAU, N., PUTTER, J. & TOLEDANO, J., 1963 - A comparison of several methods of determining the botanical composition of mediterranean grassland, *Israel J. Agric. Res.,* 13, 2 : 79-91.

NEAL, D., CURRIE, P. & MORRIS, M., 1976 - Sampling herbaceous native vegetation with an electonic capacitance instrument, *J. Rg. Mgt*., 29, 1 : 74-77.

NEAL, D., HUBBARD, R. & CONRAD, C., 1969 - A magnetic point frame, *J. Rg. Mgt*., 22, 3 : 202-203.

NEAL, D. & NEAL, J., 1965 – A new electronic meter for measuring herbage yield, *U.S. For. Serv. Res*., 56, 4 p.

NEAL, D. & NEAL, J., 1973 - Use and capabilities of electronic capacitance instrument for estimating herbage, *J. Brit. Grassl. Soc*., 28, 2 : 81-89.

NEAL, D., RATCLIFF, R. & WESTFALL, S., 1988 - A quadrat frame for backcountry vegetation sampling, *J. Rg. Mgt*., 41 4 : 353-355.

NEDJRAOUI, D., 1981 - *Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les haute plaines steppiques de la wilaya de Saïda*, Thèse, Univ. Sci. Tech. H. Boumedienne, Alger, 181 p.

NELSON, E., 1930 - Methods of studying shrubby vegetation plants in relation to grazing, *Ecology*, 11 : 764-769.

NERNEY, N., 1960 - A modification for the point frame method of sampling range vegetation, *J. Rg. Mgt*., 13, 5 : 261-262.

NETCHAYEVA, N., 1984 - Indices de dégradation des pâturages, *in* NETCHAYEVAo, 1984a : 32-40.

NETCHAYEVA, N., 1984a - *L'écologie, la gestion et l'efficacité des pâturages,*, Comm. URSS pour le PNUE, Moscou, vol. I, 179 p ; vol. II, 135 p.

NEUTEBOOM, J., LANTINGA, E. & STRUIK, P., 1998 – Evaluation of the dry weight ranlk method for botanical analysis of graslandby means of simulation, *Nether. J. Agric. Sci*., 46 : 285-304.

NEYMAN, J., 1934 – On the two different aspects of the representative method : the method of stratified sampling and the method of purposing selection, *J. Roy. Stat. Soc*., 97 : 558-606.

NGOYA, A., BOUCHEL, D., NGO TAMA, A., MOUSSA, C., MARTRENCHAR, A. & LETENNEUR, L., 2000 – Systèmes d'élevage et productivité des bovins en milieu paysan Nord-Cameroun. http://www.fao.org/ag/aga/frg/feedback/war/W6437t/w6437t03.htm

NICHOLS, G., 1973 – Pasture yield instrument using a radio frequency bridge, J. Brit. Grassld. Soc., 28 : 27-29.

NIELEN, G. & DIRVEN, J., 1950 – *The accuracy of the 25 cm2 specific frequency method*, Versl. Landb. Onderz, 56, 13 : 26 p.

NIJAND, G., 1999 – Avariant of the dry-weight rank method for botanical analysis of grassland with dominant-based multipliers, *Grass & Forage Sci*., 55 : 309-313.

NIKOLAEV, V., 1984 - Typologie et méthode d'exploration des pâturages désertiques, in NETCHAYEVA, 1984a : 61-71.

NOWOSAD, F., NEWTON SWALES, D. & DORE, W., 1936-42 - The identification of certain native and naturalized hay and pasture grasses by their vegetative characters, Pasture Stud. IX, Tech. Bull., 16, McGill Univ., Macdonald College, Montreal, 78 p.

NOY-MEIR, I. & WALKER, B., 1988 - Stability and resilience in rangelands, Comm. II Int. Rang. Congr., Adelaide : 21-25.

NUMATA, M., 1954 - Some special aspects of the structural analysis of plant communities, *J. Coll. Art & Sci Chiba Univ*., 1, 3 : 194-202.

NYREN, P., GOETZ, H. & WILLIAMS, D., 1981 - A simple and economical root washer, *J. Rg. Mgt.,* 34, 2 : 154-155.

O'REGAN, P. & MENTIS, M., 1989 - The effect of plant structure on the acceptability of different grass species to cattle, *J. of Grassld Soc. of S.A*., 6 : 163-170.

OBERLE, S., PLANTUREUX, S., BONISCHOT, R. et GUCKERT, A., 1989 - Relations entre facteur hydrique, drainage et évolution de la flore des prairies de Lorraine, *Actes XVI Congr. Int. Herb., Nice* : 29-30.

OGEREAU, P. & POISSONET, J., 1988 - Relations entre les fréquences des espèces et leurs rangs dans une phytocénose prairiale, *Coll. Phytosociol. XVI, Paris* : 757-769.

OGEREAU-POISSONET, P., 1988 - Mise au point sur la phytomasse et la production primaire épigée de quelques communautés végétales spontannées en région méditerranéenne française, *Naturalia Monspeliensia*, 52 : 17-32.

OLANG, M., 1984 - Méthodes d'évaluation des pâturages naturels, in Recherches sur l'améliotation des pâturages en Afrique orientale et australe, *C.R. atelier, Harara* : 484-496.

OLSZEWSKA, L., 1971 - Influence of mowing height on yields of a meadow with moorgrass- hairgrass association, *Roczniki nauk rolniczych*, F, 78, 1 : 117-135.

OLSON, K. & COCHRAN, R., 1998 - Radiometry for predicting tallgrass prairie biomass using regression and neutral models, *J.Rg. Mgt.,* 51, 2 : 186-192.

OLUSUYI, S. & RAGUSE, C., 1968 – Inclined point quadrat estimation of species contributions to pasture dry matter production, *Agron. J*., 60, 4 : 441-442.

ONDOK, J., 1970 - The horizontal structure of reed stand (Phragmites communis and its relation to productivity, *Preslia (Praha*), 42 : 256-261.

ORTH, D., 2005 – Le système d'information géographique, un outil pour le diagnostic pastoral, *Pastum*, 77 : 42-46.

OUCHBANI, S., 1975 - *Aménagement des parcours de La Fage (Causse Larzac*), Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 23 p.

OUMOROU, M., 1998 - *Etude phytosociologique de quelques phytocénoses du domaine soudanien du Bénin*, Mém DES, Fac. Sci., Univ. Liège, 82 p.

OURCHES, Ch. D' , 1806 – *Traité général des prairies et de leurs irrigations*, Lie Marchant, Paris, 220 p.

OVALLE, C., 1984 - *La carga animal con ovinos en la pradera natural mediterranea subhumeda*, Bol. Tec. N 57, Inst. Invest. Agropeuarias, Cauquenes (Chili), 67 p.

OVALLE, C., 1986 - *Etude du système écologique sylvo-pastoral à Accacia caven (Mol.) Hook. et Arn. dans l'aire climatique méditerranéenne humide et sub-humide du Chili*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 224 p.

OVALLE, C., AVENDANO J., P. SOTO & ACUNA, H., 1983 - *La carga animal con ovinos en pradera natural de la zona mediterranea subhumeda*, Inst, Invest, Agropec. Santiago de Chile, 66 p.

OVALLE, C., AVENDANO J., ETIENNE, M., MUNOZ, M., SERRA, M.T., 1981 - Determinacion del valor pastoral en praderas naturales de la zona Mediterranea subhumeda y su relacion con la carga animal, *Agric. Tec. (Chile),* 41, 4 : 221-231.

OVALLE, C. & GODRON, M., 1989 - Influencia del arbol sobre la vegetacion herbacea en matorrales de Acacia caven Rol del animal (ovinos) en las interacciones arbol-pasto, *Studia oecologica (Univ. Salamanca*), NS, 6 : 225-243.

OWEN, M. & HARBERD, D., 1970 - Vegetational pattern in a stable grassland community, tiré à part, 399-408.

OWENSBY, C., 1972 - Modified Step-point system for botanical composition and basal cover estimates, *J. Rg. Mgt*., 26, 4 : 302-303.

OWEN-SMITH, N. & COOPER, S., 1985 - Classifying african savanna trees and shrubs in terms of their palatibility for browing ungulates, *Proc. Symp. Plant-Herbivore Interactions, Snowbird* : 43-47.

OWEN-SMITH, N. & COOPER, S., 1987 - Palatibility of woody plants to browsing ruminants in a south african savanna, *Ecology*, 68, 2 : 319-331.

OUSSEINA, S., SOUMANA, D., ALI ZAKOU, D. & FORTINA, R., 2010 – Analyse du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Niger), Sécheresse, 21, 2 : 154-160. http://www.jle.com/e-docs/00/04/58/5F/article.phtml

POISSONET

POISSONET, J., 1964 - Quelques remarques sur l'étude des formations herbacées pastorales et sur l'expression des résultats, *in* EMBERGER et LONG, 1694 : 50-57.

POISSONET, J., 1965 - *Expression de la valeur fourragère des herbages de la Margeride*, Doc n 20, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 10 p.

POISSONET, J., 1966 - *Recherche sur une loi d'équilibre dans la composition floristique des formations herbacées denses*, Cnrs-Centre Emberger, Montpellier, 18 p.

POISSONET, J., 1970 - *Etude phytoécologique des herbages des hauts plateaux du Jura - Analyse préliminaire des données recueillies au cours d'une première année d'inventaire*, note n°7/H, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 21 p.

POISSONET, J., 1968 - *Recherches sur les lois générales d'équilibre dans la composition floristique des formations herbacées denses*, Doc n 51, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 12 p.

POISSONET, J., 1979 - Equilibre et déséquiliobre des phytocénoses herbacées, *10° Journées du Grenier de Theix*, INRA : 461-468.

POISSONET, J., 1985 - *Eléments pour un rapport de synthèse sur l'écologie pastorale*, FAPIS/UNESCO/EISMV, Dakar, 64 p.

POISSONET, J., 1990 - *Formation de recherche en écologie pastorale*, Rapport de mission en Mauritanie 27.10.90 / 7.11.90, U.N.E.S.C.O., C.I.L.S.S., Paris, 24 p.

POISSONET, J., 1990 *Inventaire des ressources Agro-sylvo-pastorales du Borkou-Ennedi-Tibesti (B.E.T.),* Rapport du projer CHD/89/X02/A/64/31, Agrotechnik, Frankfurt/Main, 180 p.

POISSONET, J., 1991 - *Impact des changements socio-économiques des modes d'exploitation des pâturages dans la région de l'Alborz central en Iran*, PNUD/FAO, IRA/87/014, 55 p.

POISSONET, J., 1991 - *Exemples de systèmes de production dans la région de l'Alborz central en Iran*, PNUD/FAO, IRA/87/014, 55 p.

POISSONET, J. et coll., 1970 - *Etude typologique des herbages des hauts plateaux du Jura - Analyse préliminaire des données recueillies au cours de la première année d'inventaire*, note 7/H, Cnrs, CEPE, Montpellier, 21 p.

POISSONET, J. & CESAR, J., 1972 - Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à Palmier Rônier de Lamto, Côte d'Ivoire, *Ann. Univ. Abidjan*, série E, 5 : 577-601.

POISSONET, J., GODRON, M. CHAMBRIS, F. GAUDUCHEAU, E. & LAMBERT, A., 1992 – Evolution des paysages et potentialités pastorales dans la commune de Dourbies*, Ann. Parc National des Cévennes*, 5 : 189-222.

POISSONET, J., CHAMBRIS, F. & TOURE, I.A., 1988 - Equilibre et déséquilibre des phytocénoses herbacées sahéliennes. Influence de la pluviosité annuelle et de la proximité des points d'eau,

POISSONET, J., GODRON, M. LI, T.X., SOSA RAMIREZ, J., 1988 - Conséquences phytoécologiques de la "déprise" pastorale sur le mont Lozère (France), *Repères*, 2 : 11-19.

POISSONET, J., GODRON, M. LI, T.X., SOSA RAMIREZ, J., 1988 - Phyto-écologie et potentialités pastorales en moyenne montagne tempérées: le mont Lozère (France), *Repères*, 2 : 20-29

POISSONET, J. & LI, B., 1987 - Relationships between main plant communities and ecological variables in the steppe region of Inner Mongolia*, in* HANXI, 1987a : 223-233.

POISSONET-OGEREAU, P., THIAULT, M. & RENAULT, D., 1986 - Experimentation on the dynamics of a shrubland range ecosystem : the Quercus coccifera garrigue (S.-France) Plant species responses, *Comm. II Int. Rang. Congr., Adelaide* : 58-60.

POISSONET, J. & PARNOT, J., 1991 - *Cartographie au 1/500000 des potentialités agro-sylvo-pastorales du Borkou-Enedi-Tibesti au Tchad*, FrancfortMain, 80 p.

POISSONET, J., LI, Y., SHU, J. & GODRON, M., 1990 - An ecological study on typical steppe of inner Mongolia with the methods of the "Ecothèque" of Montpellier III. A preliminary study on grazing value of Xilin Gol grassland, Inner Mongolia China*, ZZZ* : 268-272.

Tchad, *Comm. IV Congr. Int. Terres à Pâturage*, Avril 1991, Montpellier :.

POISSONET, J. & POISSONET-OGEREAU, P., 1969 - *Essai de comparaison de méthodes d'analayse phytosociologique et agronomique des formations herbacées denses permanentes*, Centre Emberger, Montpellier, doc. n 50, 120 p.

POISSONET, J. & THIAULT, M., 1980 - *Espèces retenues dans le Montpelliérais pour le calcul de la valeur pastorale des parcours*, Cnrs-Centre Emberger, Montpellier, 2 p.

POISSONET, J., THIAULT, M. & LONG, G., 1987 - Plant ecological survey of the grassland communities : adaptation of the CEPE methodologie to Inner Mongolia steppe vegetation, *in* HANXI, 1987a : 195-212.

POISSONET, J., THIAULT, M. & LONG, G., 1987 - Structure and organization of the grassland communities : adaptation of the CEPE/Cnrs methodologies to Inner Mongolia steppe vegetation*, in* HANXI, 1987a : 213-221.

POISSONET, J. & TOURE, I.A., 1986 - Dynamique de la végétation herbacée et relations avec la charge animale dans le ranch de Doli, *Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens*, FAPIS-UNESCO, Dakar/Sénégal : 13 p. + 4 annexes.

POISSONET, J. & TOURE, I.A., 1986 - *Eléments pour une étude quantitative et qualitative de la végétation du ferlo sénégalais, Phase terrain du Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens* : 12 p.

POISSONET, J. & TOURE, I.A., 1986 - Problématique pastorale du Ferlo sénégalais et éléments pour une stratégie d'aménageemnt et de gestion, Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens, FAPIS-UNESCO, Dakar/Sénégal : 11 p.

POISSONET, J., & TOURE, I., 1988 - Eléments pour une stratégie d'aménagement et de gestion - Exemple de la problématique du Ferlo sénégalais, *Repères*, 2 :.....

POISSONET, J., TOURE, I., GILLET, M. & CABARET, M., 1985 - *Aide-mémoire méthodologique pour l'étude des pâturages sahéliens*, F.A.P.I.S. U.N.E.S.C.O. Dakar, 29 p. + annexes.

POISSONET-OGEREAU, P., 1969 - Comparaison des résultats obtenus par diverses méthodes d'analyse de la végétation dans une prairie permanente *in* Ph. DAGET Edit., Méthodes d'inventaire : 39-72.

POISSONET-OGEREAU, P., 1977 - Du sol nu à la formation herbacée dense : un exemple expérimental, *Comm. Symp. Int. Phytosiol. Bialowieza*, 17 p.

POISSONET-OGEREAU, P., DAGET, Ph., POISSONET, J. & LONG, G., 1972 - Rapid point survey by bayonet blade, *J. Rg. Mgt.,* 25, 4 : 313.

POISSONET-OGEREAU, P. et POISSONET, J., 1969 - *Etude comparée de diverses méthodes d'analyse de la végétation des formations herbacées denses et permanentes*. Doc N 50, Cnrs-Centre Emberger, Montpellier, 120 p. + annexes.

POISSONET-OGEREAU, P., POISSONET, J., GODRON, M. & LONG, G., 1973 - A comparison of sampling methods in denses herbaceous pastures, *J. Rg. Mgt*., 26, 1 :65-67.

P

PAGOT, J., DERBAL, Z. & LAHORE, J., 1954 - Méthode pratique d'analyse floristique des pâturages tropicaux, *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop*., VII, 3 : 173-175.

PAMO TEDONKENG, E., 1977 - *Relation entre productions primaires herbacées et productions secondaires ovines en région méditerranéenne française*, DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 72 p.

PAPANASTIS, V., 1977 - Optimum size and shape of quadrat for sampling herbage weight in grassland of northern Greece, *J. Rg. Mgt*., 30, 6 : 446-449.

PAPOLI-YAZDI, M., 1991 - *Le nomadisme dans le Nord Korassan,* Bibl. iranienne n°4, Inst. Fr. Rech. Iran, Téhéran, 434 p.

PARCEVAUX, S. de, 1970 – Fiche instrumentale n°8 : Mesure des surfaces foliaires, *Bulletin d'écologie*, 2 p.

PARCEVAUX, S. de & CATSKY, J., 1970 - Méthodes et techniques de mesure des surfaces foliaires, *in* HALLAIRE M. Edit. : 493-499.

PARCEVAUX, S. de & GREBET, Ph., 1970 - Utilisation d'un appareil à aspiration pour la mesure de la surface foliaire*, in* HALLAIRE M. Edit. : 507-511.

PARCEVAUX, S. de & MASSIN, B., 1970 - Agrandissement photographique appliqué à la détermination de la surface des petites feuilles, *in* HALLAIRE M. Edit. : 513-515.

PARDINI, A., 2002 - Comparaison of some methods for calculation of animal stocking rates in mediterranean pasture, *Herba*, 13 : 39-46

PARDINI, A., LOMBARDI, P., LONGHI, F. & ONGARO, L., 2000 - Animal stocking rate in tropical and subtropical rangelands, I - Pastoral values of forage species, *J. of agric. and env. for int. devt*., 4 : s.p.

PARDINI, A., LONGHI, F., LOMBARDI, P. & ARGENTI, G., 2000 - Animal stocking rate in tropical and subtropical rangelands, II - Comparisons of methods for calculation, *J. of agric. and env. for int. devt*., 4 : s.p.

PARKER, K., 1951 - *A method for measuring trend in range condition on national forest range*, U.S. Forest Serv., Washington, 20 p.

PARKER, K., 1953 - *Instructions for measurement and observation of vigor, composition and browse*, U.S. Forest Serv., Washington, 12 p.

PARKER, K. & SAVAGE, D., 1944 - Reliability of the line interception method in measuring vegetation on the southern great plains, *J. Amer. Soc. Agron*., 36 : 97-110.

PARSONS A. & JOHNSON, I., 1986 - The physiology of grass growth under grazing*, in* FRAME Edit. : 3-13.

PASSAGE, H., 1969 - Zur soziologischen Gliederung mitteleuropäicher Weistklee-Weiden, *Feddes Rep*., 80, 4-6 : 357-372 ; 413-435.

PASSEY, H. & HUGIE, V., 1962 - Application of soil-climate-vegetation relations to soil survey interpretation for rangelands, *J. Rg. Mgt*., 15, 3 : 162-166.

PAVILLARD, J., *Eléments de sociologie végétale (phytosociologie*), Hermann Paris, 102 p.

PEARSON, R. & MILLER, L., 1973 - *The biometer : a hand-held biomass meter*, Tech. Rep. n 221, U.S.P.B.I., Nat. Res. Lab., Colorado St. Univ., Fort Collins, 24 p.

PEARSON, R., MILLER, L. & TUCKER, C., 1976 - Hand-held specral radiometer to estimate gramineous biomass, *App. Optics*, 15 : 41-418.

PECHAMEC, J., 1937 - A weight estimate method for the determination of range or pasture production, *J. Amer. Soc. Agron*., 29 : 894-904.

PECHANEC, J. & PICKFORD, G., 1937 - A comparison of some methods used in determining percentage utilization of range grasses, *J. Agric. Res.,* 54 : 753-765.

PECHANEC, J. & STEWART, G., 1940 - Sagebrush range sampling studies : Size and structure of sampling unit, *J. Amer. Soc. Agron.,* 32 : 669-682.

PECHANEC, J. & STEWART, G., 1941 - Sagebrush range sampling studies : Variability of native vegetation and sampling error, J. Amer. Soc. Agron., 33 : 1057-1071.

PEEK, J., 1970 - Relation of canopy area and volume to production of three woody species, *Ecology*, 51,6 : 1098-1101.

PENFOUND, W., 1949 - An improved quadrat frame for the analysis of plant populations, *Ecology*, 30 : 382-383.

PENFOUND, W., 1963 - A modification of the point centered method for grassland analysis, Ecology, 44 : 175-176.

PENNING DE VRIES, F. & VAN HEEMST, H., 1975 - Production primaire potentielle des terres non irriguées au Sahel : une première approximation, *Actes Coll. Bamako sur l'Inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux,* ILCA, Addis Abbeba : 323-338

PERRY, R. & WILCOX, D., 1975 - Une méthode utilisée en Australie pour estimer la capacité de charge, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako sur l'Inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux,*, ILCA, Addis Abeba : 257-258.

PERRIER, . & PERRIN, B., 1976 - *Relations ovins-végétation et influence de la fertilisation sur les parcours du Domaine de la Fage*, Mémoire E.N.S.A., Montpellier, 100 p. + annexes.

PESSON, P. Edit. 1971 - La *vie dans les sols*, Gauthier-Villars, Paris, 471 p.

PETERSEN, R. & LUCAS, H., 1968 - Computing methods for the evaluation of pastures by means of animal response, *Agron. J.*, 60 :682-687.

PETERSON, M., 1963 - Study of pasture flora, in *Amer. Soc. Agron.* : 109-146.

PETIT, S. & MALLET, B., 2001 – L'émondage d'arcres fourragers: détail d'une pratique pastorale, *Bois et Forêts des tropiques*, **270**, 4 : 35-45 **http://bft.cirad.fr/cd/BFT_270_35-45.pdf**

PETIT, S. & WATKINST, Ch., 2004 – Pratiques paysannes oubliées : l'étêtage et l'émondages des arbresen Grande Bretagne (1600-1900) , *Etudes rurales*, **169-170** , 1 : 197-214. **http://www.cairn.inforevue-etudes-rurales-2004-1-page-197.htm**

PEYRE de FABREGUES, B., 1975 - Problèmes posés par l'évaluation du potentiel du "pâturage aérien" en zone sahélienne, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, , *Actes Coll. Bamako sur l'Inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux,* ILCA, Addis Abbeba: 281-284.

PEYRE DE FABREGUES, B. & FORGIARINI, G., 1989 - *Etude préliminaire d'un projet de suivi des pâturages dans la région de Bari (Somalie), IEMVT*, Maisons Alfort, 158 p.

FITZENMEYER, C., s.d. - *Les principales graminées des prairies*, Potasses d'Alsace, Mulhouse, 18 p.

PHILIPPEAU, G., 1984 - *Estimation de la quantité d'herbe sur pied offerte en pâture en été aux ovins et aux bovins*, Fiche Fourrages N 05023, ITCF-SESI, Boigneville, p. .

PHILIPPEAU, G., 1989 – *Théorie des plans d'expérience* , ITCF-SESI, Boigneville, 206 p.

PHILLIPS, S. & CLARKE, S., 1971 - The calibration of the weighted disk meter against pasture dry mater yield, *Proc. N.Z. Grassl. Ass.,* 33 : 68-75.

PICKFORD, G. & STEWART, G., 1935 - Cooerdinate method of mapping low shrub, *Ecology*, 16 : 257-261.

PIELOU, E., 1962 - The use of plant-neighbourg distances for the detection of competition, *J. Ecol*., **50**, 2 : 357-368.

PIELOU, E., 1969 - Association tests versus homogeneity tests : their use in subdivising quadrats into groups, *Vegetatio*, 18, 1 : 1-18.

PINCON-CHARLOT, M & PINCON, M. , 1991 – Pratiques d'enquête dans l'aristocratie et le grande bourgeoisie : distance sociale et conditions spécifiques de l'entretien semidirectif, *Genèses*, 3, 3 : 130-133.

PINCON, M. & PINCON-CHARLOT, M., 1997 – *Voyage en grande bourgeoisie, Journal d'enquête*, PUF, Paris, 184 p.

PIOT, J., 1969 – Végétaux ligneux et pâturages des savanes de l'Adamaoua au Cameroun, *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop*., **22**, 4 : 541-559

PIERCE, W. & EDDLEMAN, L., 1970 - A field stereophotographic technique for range vegetation analysis, *J. Rg. Mgt*., 23, 3 : 218-220.

PIOLET, S., 1991 - *Evolution de la végétation de quatre parcours du Causse Méjan entre 1982 et 1991*, Mémoire E.N.I.T.A., Dijon, 62p.

PIOT, J., 1966 - Etudes pastorales en Adamaoua camerounais, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 19, 1 : 45-62.

PIOT, J., NEBOUT, J.P., NANOT, R. & TOUTAIN, B., 1980 – *Utilisation des ligneux sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Burkina Faso),* CTFT-IEMVT, Maisons Alfort : 213 p.

PIOT, J. & RIPPSTEIN, G., 1975 - Productivité, valeur fourragère et dynamique à différents rythmes de coupe de trois formations pastorales de l'Adamaoua camerounais, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako sur l'Inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux,* ILCA, Addis Abbeba : 217-224.

PLANCQUAERT, P. & DAGET-BERTOLETTI, L., 1971 - Présentation des essais sur prairie permanente effectués à l'ITCF, *in* Ph. DAGET Edit., *Méthodes d'inventaire* : 169-180.

PLANTUREUX, S., 1996 - FLORA-sys : système informatique de gestion et d'aide à l'interprétation des relevés floristiques, *Acta Botanica Gallica*, 43, 4-5 : 403-410.

PLANTUREUX, S., BONISCHOT, R. & GUCKERT, A. , 1992 – Utilisation d'une typologie des prairies permanentes du plateau lorrain pour le diagnostic agronomique*, Fourrages*, 132 : 381-394.

PLANTUREUX, S., BONISCHOT, R. & GUCKERT, A. , 1993 – Classification, vehetation dynamics and forage production of permanent pastures in Lorraine*, Eur. J. Agron*., 2, 1 : 11-17.

POILECOT, P. & DAGET, Ph., 2002 – *Contribution du Service des herbiers du Cirad à l'étude de la Biodiversité végétale*, Cirad-Emvt, Montpellier, 17 p.

POLLOCK, K., 1978 – A family of density estimators for line-transect sampling, *Biometrics*, 34 : 475-478.

POORE, M., 1955 – The use of phytosociological methods in ecological investigations, I. – The Braun-Blanquet system, *J Ecol*., 43, 1 : 226-

POORE, M., 1955 – The use of phytosociological methods in ecological investigations , II. – Practical issues involved in an attempt to apply the Braun-Blanquet method, *J Ecol*., 43, 1 : 245-

POORE, M., 1955 – The use of phytosociological methods in ecological investigations, III. – Practical applications, *J Ecol.,* 43, 2 : 606-

POORE, M., 1955 – The use of phytosociological methods in ecological investigations, IV. – General discussions of phytosociological problems, *J Ecol*., 44, 1 : 28-

POUPON, H. & BILLE, J.C., 1974 Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional , Sénégal : Influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la strate ligneuse, *La terre et la vie,* 28, 1 :49-75,

POULAIN, C. & MOLLIER, P., 2011 – Toupeaux sous les tropiques, *Inra Mag.,* 19 : 12-24..

POULTON, C. & TISDALE, E., 1961 - A quantitative method for the description and ification of range vegetation, *J.Rg. Mgt*., 14, 1 : 13-21.

POUND, R. & CLEMENTS, F., 1898 - A Method of determining the abundance of secondary species, *Minnesota Bot. Stud*., 2 : 19-24.

POUPON, H., 1979 – *Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal*, Thèse de doctorat ès sciences, Univ. Paris-Sud, Orsay, 325 p. + cartes

POWELL, T., 1973 – An evaluation of a capacitance meter (grass-meter) for pasture yield estimation, *Exp. Husb*., 21 : 27-31.

POWELL, T., 1974 – Evaluation of weighted disk-meter for pasture yield estimation on intensively stocked dairy pasture*, N.Z.J. of esp. Agric*., 2 : 237-241.

PRACHE, S., DUBY, C. et FROMENT, A., 1989 - Utilisation d'un herbomètre à plateau pour estimer l'herbe disponible sur une prairie de Fétuque élevée pâturée en continu par les bovins, *Actes XVI Congr. Int. Herb., Nice* : 1427-1428.

PRATT, D., 1975 - Problèmes qu'implique la détermination de la capacité de charge des pâturages, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako sur l'Inventaire et la cartographie des pâturages tropicaux,* ILCA, Addis Abbeba : 259-260.

PRECSENYI, S., 1957 - The correlation between ground cover and vegetation yield, Portug. *Acta Biol*., Ser.B, 6, 1 : 94-96.

PREVOST, Y., 1988 - *Création d'un centre de suivi écologique, Rapport annuel d'activités*, Projet SEN/84/X09, PNUD, Dakar et Dir. Eaux, Forêts et Chasses, Dakar, 44 p.

PUSCARU-SOROCEANU, E., Edit., 1963 - *Pasunile si fînetele din Republica populara Romîna, Studiu geobotanic si agroproductiv*, Edit. Acad. R.P.R., Bucuresti, 464 p.

PUTOT, P., 1975 – *Les groupements végétaux de la région de Morez Bois-d'amont (Jura) Etude phytosociologique et application à la détermination des valeurs pastorales*, Thèse de spécialité, Univ. Besançon, 219 p.

QARRO, M. & MONTARD, F.X. de, 1989 – Etude de la productivité des parcours de la zone d'Ain Leuh (Moyen-Atlas) – 1., *Agronomie*, 9 : 477-487.

QARRO, M. & MONTARD, F.X. de, 1992 – Etude de la productivité des parcours de la zone d'Ain Leuh (Moyen-Atlas) – 2., *Agronomie*, 12 : 489-501.

QUIBLIER, M., 2005 – Diagnostic pastoral : le comportement du troupeau et le découpage en secteurs, *Pastum*, 77 : 25-29.

QUIGNARD, P., 1987 - *Vie secrète*, Gallimard, Paris, 480 p.

R

RABU, G., 1986 - *Contribution à la connaissance de la valeur fourragère des prairies des zones humides du bassin de Brivet*, Mémoire DEA, Lab. Ecol. Phytogéogr., Univ. Nantes, 66 p.

RADCLIFFE, J. & MOUNTIER, ., 1964 - Problems in measuring pasture composition in the field, *New Zel. J. Bot*., 2, 1 : 90-97 ; 98-105.

RADER, L. & RATCLIFF, R., 1962 - A new idea in point frames, *J. Rg. Mgt*., 15, 3 : 182-183.

RAFFIN, Y., 1977 - *Utilisation d'un alpage par des ovins gardés*, Mémoire, CTGREF-INERM, Saint-Martin-d'hères, 60 p.

RAMBAL, S., 1984 - Un modèle de simulation du pâturage en Tunisie présaharienne, Acta Oecol. Oecol. Gen., 5, 4 : 351-364.

RANGLARET D. & SANZ D., 1989 - L'ascension des portables, *Soft & Micro*, 58 : 221-273.

RAUNKIER, C., 1903 - Biological types with reference to the adaptation of plants to survive the unfavourable season, in RAUNKIER, 1934 - *The life-forms of plants and plant geography*, Camb. Univ. Press., Camb. : 1.

RAUNKIER, C., 1905 - Types biologiques pour la géographie botanique, *Bull. Acad. R. Sc., Danemark*, 5 : 347-437.

RAY, R., 1959 - A phytosociological analysis of the tallgrass prairie in Northeastern Oklahoma, *Ecology*, 40, 2 : 255-261.

RAYMOND, W., 1948 - Evaluation of harbage for grazing, *Nature*, 161 :937.

RAYMOND, W., 1948 - Evaluation of herbage for grazing, *Nature*, 161 : 937-938.

RAYMOND, W., 1949 - A chemical approach to the evaluation of pasturage, *Agric. Progress*, 24, 1 : 8 p

RAYMOND, W., 1951 - The problem of measuring the nutritive value of herbage, *J. Brit. Grassl. Soc*., 6, 3 : 139-146.

RAYMOND, W., 1957 - The measurement of pasture output, *Proc. Nutr. Sco*., 16 : 20-25.

RAYMOND, W., 1963 - Correspondance entre la qualité d'un fourrage et la quantité consommée, *Proc. Europ. Grassld. Fed*., 16 : 75-85.

RAYMOND, W., 1965 - A new evaluation of dried grass, extr. *Grass*, 66, 12 p.

READ, S. & READ, T., 1988 - Statistical issues in setting product specifications : Boxplot, *HP J*., 39, 3 : 11.

REBISCHUNG, J., 1950 - *Guide pratique d'expérimentation sur les herbages*, I.N.R.A., Paris, 75 p.

REBISCHUNG, J., 1954 - L'appétibilité, son intéret en tant que critère de sélection, méthodes espérimentale d'appréciation, Draft pour la *Conférence européenne des herbages*, Paris, EPA/AG/project 254/57, 10 p.

REBISCHUNG, J., 1954 - Palatability - Its importance as a criterion for selection Experimental methods of aparaisal, *Comm. Europ. Grassl. Conf*., Paris : 10 p.

REID, D., 1951 - A quantitative method for determining palatability of pasture plants, *J. British Grassl. Soc*., 6, 4 : 187-195.

REISS, D., ONANA, J., KLEIN, H.D. & DJOUMESSI, M., 1996 - Introduction de légumineuses fourragères dans les assolements. *Gestion des pâturages naturels in Agriculture des Savanes du Nord Cameroun, Atelier de Garoua*, 25-29 novembre : 177-192.

REMOND, Y., 1979 - *Le causse d'Aumelas (Hérault) Cartographie au 12500 des formations végétales et des valeurs pastorales estimées*, Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 29 p.

REPPERT, J., MORRIS, M. & GRAHAM, Ch., 1962 - Estimation of herbage on California annual-type range, *J. Rg. Mgt.,* 15, 6 : 318-323.

REY, P., 1960 - *Essai de phytocinétique biogéographique*, Thèse d'Etat, Univ. Toulouse, Edit Cnrs, Paris, 391 p.

REYNOLDS, K. & EDWARDS, K., 1977 - A short-focus telescope for ground cover estimation*, Ecology*, 58, 939-941.

RICE, E., A statistical method for determining quadrat size and adequacy of sampling, *Ecology,* 48, 6 : 1047-1049.

RICHARD, D., 1984 - *Le dromadaire et son élevage*, Coll. Etudes et synthèses, IEMVT, Maisons-Alfort, 162 p.

RICHARD, D., 1988 - Ingestibilité et digestibilité des aliments par le dromadaire, *Options Médit.,* A, 2 : 55-60.

RICHARD, D., 1988 - Connaissances actuelles sur les besoins et recommandations nutritionnelles pour les dromadaires, *Options Médit*., A, 2 : 181-184.

RICO RODRIGUEZ, M., PEURTO MARTIN, A. & GOMEZ GUITEREZ, J., 1979 – Tipificationof pastizales semiaridos en funcion de sus especies dominantes, *Pasto*s, 9 : 5-14.

RICOU, G., 1967 - Etude biocénotique d'un milieu naturel la prairie permanente pâturée, *Ann. Epiphyties*, 18, HS-1, 148 p.

RICOU, G. & LOISEAU, P., 1984 - Etudes sur le recyclage dans l'écosystème prairial II. Coprophages et recyclage dans les pelouses montagnardes, *Acta Oecol., Oecol. Appl*., 4 : 319-334.

RIPLEY, T., JOHNSON, F. & THOMAS, W., 1960 - A useful device for sampling understory woody vegetation, *J. Rg. Mgt*., 13, 5 : 262-263.

RIPLEY, T., JOHNSON, F. & MOORE, W., 1963 - - Concepts of carrying capacity ans substitution ratios, *J. Rg. Mgt*., 43, 6 : 553-555.

RIPPSTEIN, G., 1985 - *Etude sur la végétation de l'Adamaoua, Evolution, conservation, régénération et amélioration d'un écosystème pâturé au Cameroun*, Coll. Etude et synthèse n 14, IEMVT, Maison Alfort, 367 p.

RIPPSTEIN, G., 1989 - Une méthode d'étude et de classification des pâturages de savane, *Actes XVI Congr. Int. Herbages Nice, A.F.P.F*., Versailles, 2 : 1435-1436.

RISSER, P. & ZEDLER, P., 1968 - An evaluation of the grassland quarter method, *Ecology*, 49, 5 : 1006-1009.

RIVIERE, R., 1975 - Problèmes de l'évaluation de la valeur alimentaire des pâturages naturels tropicaux, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abeba* : 269-276.

RIVIERE, R., 1978 - *Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical*, Coll. Manuel et précis d'élevage N 9, IEMVT, Maison-Alfort, 527 p.

RIVAS-GODAY, S. & RIVAS-MARTINEZ, S., 1963 - Estudio y clasificacion de los pastizales espagnoles, Pub. Min. Agric., Madrid, 269 p.

ROBERGE, G. & DENIS, J., 1985 - Pâturage direct d'une parcelle de culture fourragère irriguée au Sénégal : méthode de suivi et résultats, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 38, 4 : 313-319.

ROBINSON, P., 1955 – The estimation of ground cover by the point quadrat method, *Ann. Bot. Lond.,* 19 : 59-66.

ROBSON M. & SHEEHY, J., 1983 - Leaf area and light interception*, in* HODGSON J. et al. Edit., 1983 : 115-140.

RODINE, L., 1968 - Methods of productivity studies in root systems and rhizosphere organisms, Izdat "Nauka", Leningrad, 200 p.

RODINE, L., 1984 - Productivité primaire des pâturages de la terre aride et méthode de sa détermination*, in* NETCHAYEVA, 1984a : 8-16.

ROIRON, P., 1974 - *Prélude à l'étude des groupements végétaux d'une steppe nord sahélo-soudannienne près de N'Djamena (République du Tchad*), Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 52 p.

ROMELL, L., 1920 - Sur la règle de distribution des fréquences, *Svensk Bot. Tidsk*., 14, 1 : 1-20.

ROMEY, 1983, *Les Saïd 'Atba de N'Goussa,* L'Harmattan, Paris, 202 p.

ROSE, F., 1966 - *The observer's book of grasses, sedges and rushes*, F. Warnes, Londres, 226 p.

ROSENGURTT, B., 1979 - *Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay*, Div. Publ. y Editiones, Dir. Gen. de Extension Universitaria, Montevideo, 86 p.

ROSHIER, D., LEE, S. & BORELAND, F., 1997 - A digital technique for recording of plant population data in permanent plots, *J. Rg. Mgt*., 50, 2 : 106-110.

ROSSETTI, Ch., 1958 – *Analyse de l'état de dégradation des pâturages de Pélagonie (Macédoine, Yougoslavie) Premières mesures quantitatives*, FAO, Rome, rapport 58/5/3569, 19 p.

ROSSETTI, Ch., 1967 - *Compte-rendu de missions sur l'étude des images photographiques aériennes à grande échelle de diverses formations végétales pour le compte du CEPE*, Doc. n 38, Cnrs-Centre Emberger, Montpellier, 120 p.

ROTHERY, P., - The number of pins in a point quadrat frame, ... : 745-753.

ROUGERIE, M. & MICHARDIERE, J., 1953 - La production des prairies de fauche limousine : posibilité d'amélioration, *B.T.I*., 79 : 315-324.

ROWLAND, J. & HECTOR, J., 1934 - A camera method for charing quadrats, *Nature*, 133 : 179.

ROY, J., 1977 - *Relations entre deux paramètres phytologiques (phytomasse et indice foliaire) et les informations recueillies par points-quadrats dans deux formations herbacees mediterraneennes,* Mémoire DEA, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 36 p.

RUBIN, S. & DANIEVSKAIA, O., 1957 - Détermination de la surface des feuilles d'arbres fruitiers, *Botanical Zurnal* (Moscou), 42, 5 : 728-730.

S

SAFAIAN, N., 1980 - *Etude phyto-écologique des pâturages d'Alvande (vallée de Khorram-Roud) - Tdam-Iran*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang. Montpellier, 192 p.

SAGALI, M., 1999 – *Analyse des systèmes d'élevage et des systèmes de production,* Mémoire DESS, INA-PG, Paris, 129 p.

SAIDI, S. & MENDE, C., 1999 - L'utilisation des pelouses caussenardes par le cheval de Przewalski, *Mappemonde*, **53**, 1 : 9-14.

SAIDOU, O., DOUMA, S., DJIBO, A.Z. & FORTINA, R., 2010 – Analyse du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Niger), *Sécheresse*, 21,2 : 154-160.

SAQALLI, M., 1999 – *Analyse des systèmes d'élevage et des systèmes de production, Région de Kambashe, Rep. Afrique du Sud*, Mémoire DESS, INA-PG, Paris & CIRAD, Montellier, 139 p.

SAMPSON, A., 1952 - *Range management, principles and pratics*, Wiley , N.Y., 570 p.

SANDER, C., 1970 - Opbrengsbepaling van veld met elektroniese kapisiteitsinstrument, *Hand. Weidingsveren S. Afr.*, 5 : 132-136.

SANDLAND, R., ALEXANDER, J. & HAYDOCK, K., 1982 – A statistical assessment of the dry weight rank method of pasture sampling, *Grass and Forage Sci.*, 37 : 263-272.

SANON, H., KONE, N., LIEHOUN, E., MORANT, P., SOMDA, M., POISSONET, J. & Wispelaere G.de, 1996 – Evaluation des potentialités de Ménégou au Burkina Faso, *in* ESCADAPAL, R., et al., *Surveillance des sols dans l'environnement par télédétection et systèmes d'information géographique*, ORSTOM, Paris, : 255-268.

SANTILLAN, R., OCUMPAUGH, W. & MOTT, G., 1979 – Estimating forage yieldwith a disk meter, *Agron. J.*, 71 : 71-74.

SAQALLI, M., 1999 *Analyse des systèmes d'élevage et des systèmes de production –Région de Kambashe, République d'Afrique du sud*, Mémoire de DESS, Cirad, Montpellier, 139 p.

SAVINI, I., LANDAIS, E., THINON, P. & DESFONTAINES, J.P., 1993 - L'organisation de l'espace pastoral -Des concepts et des représentations construits è dire d'expert dans une perspective de modélisation, *in* LANDAIS et al. : 137-160.

SAWADOGO, I., FOURNIER, A. & DEVINEAU, J.L., 2009 – *Etat des ressources pastorales dans une terre d'acceuil et de transit des pasteurs transhumants : le terroir de Kotchori (Burkina Faso)*

SCANLAN, J.C., 1986 - Influence of tree basal area on pasture yield and composition, *Comm. II Int. Rang. Congr., Adelaide* : 66-67.

SCARNECCHIA, D., 1985 - The animal-unit and animal unit equivalent concept in range science, *J. Rg. Mgt.,* 38 : 346-349.

SCARNECCHIA, D., 1985 - The relationship of stocking intensity and stocking pressure to other stocking variables, *J. Rg. Mgt*., 38 : 558-559.

SCARNECCHIA, D., 1986 - Viewpoint : animal-unit-equivalents cannot be meaningfully weighted by indices of dietary overlap, *J. Rg. Mgt*., 39 : 417.

SCARNECCHIA, D., 1990 - Concept of carrying capacity and substitution ratios : a systems veiwpoint, *J. Rg. Mgt*., **43**, 6 : 553-555.

SCARNECCHIA, D. & GASKINS, C., 1987 - Modeling animal-unit-equivalents for beef cattle, *Agr. Systems*, 23 : 19-26.

SCEHOVIC, J., 1991 - Considérations sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des fourrages des prairies naturelles, *Revue suisse Agric*., **28**, 5 : 305-310.

SCHWEIGHART, O., 1966 - *Fotobuch der Wiesenpflanzen*, BLV Verlag, Munich, 324 p.

SCHNELL, R., 1960 - Techniques d'herborisation et de conservation des plantes dans les pays tropicaux, *J. Aric. Trop*., 7 : 1-47.

SCHUSTLER, F., 1922 - Quelques remarques sur l'organisation des associations vegetales et sur les méthodes de recherches, Prague, : 103-112.

SCOTT, D., 1986 – Coefficients for thr dry weight rank method of botanical analysis of pasture, *Grass and Forage Sci*., 41 : 319-321.

SEBILLOTTE, M., 1969 - Le tour de plaine facteur de rentabilité dans l'entreprise agricole, *Entreprise agricole*, 1 : 15-23.

SEGURA, M., 1969 - A versatile vegetation sampling quadrat frame, *J. Rg. Mgt*., 22, 3 : 303-204.

SEN, A., TOURIGNY, J. & SMITH, G., 1974 – On the line transect sampling, *Biometrics*, 30 : 329-340.

SENEQUE, *Les seize premières lettres à Lucilius,* Editions H. Joly, Paris, 100 p.

SENN, O., 1988 – *Les prairies permanentes des Hautes-Alpes –Esquisse d'une typologie floristique, données agronomiques*, Association du développement de l'élevage ovin, 30 p.

SENTERRE, B., 2005 – *Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale*, Thèse Univ. Libre, Bruxelles, 456 p.

SEVERAC, G. 1953 - Les prairies landaises, *B.T.I.*, 79 : 346-355.

SHARKEY, M., 1970 - The carrying capacity of natural and improved land in different climatic zones, *Mammalia*, 34 : 564-572.

SHARP, L., 1954 - Evaluation of the loop procedure of the 3-step method in the salt-desert in sotuhern Idaho, *J. Rg. Mgt*., 7 : 83-88.

SHARROW, S., 1984 – A simple disk-meter for measurement of pasture height and forage bulk, *J. Rg. Mgt.,* 37, 1 : 94-95.

SHARROW, S. & TOBER, D., 1979 - A simple lightweight point frame, *J. Rg. Mgt*., 32, 1 : 75-76.

SIEGEL, S., 1956 - *Nonparametric statistics for behavioral sciences*, Mc Graw Hill, N.Y., 312 p.

SIMKINS, K. & BAUMGARDT, B., 1963 – Evaluation of forage in the laboratory – III – Comparisons of various methods, *J. Dairy Sci*, 46-338-350.

SINGH, J., LAUERROTH, W. STEINHORST, R., 1975 - Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data, *Bot. Rev*., 41, 2 : 181-232.

SINGLY, F. de, 1992 – *L'enquête et ses méthodes : le questionnaire*, Coll. 128, Série Sociologie, PUF, Paris, 128 p.

SINSIN, B., OLOULOTAN, S. & OUMOROU, M., 1989 - Les pâturages de saison sèche de la zone soudanienne du nord-est du Bénin, *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop*., 42, 2 : 283-288.

SKEEN, J., 1973 - An extension of the concept of importance value in analyzing forest communities, *Ecology,* 54, 3 : 655-656.

SKOURI, M. & POISSONET, J., 1989 – La prairie dans ses usages multiples, Actes XVI Congr. Int. Herbages de Nices, INRA, Versailles : 1835-1840.

SMITH, I., 1974 – Evaluation of a capacitance meter for estimating herbageproduction of Oat cultivars, *J. Brit. Grassld. Soc*., 29 : 137-139.

SMITH, J., 1959 – Additional modifications of the point frame, *J. Rg. Mgt*., 12 : 204-205.

SMITH, J. & BERRY, J., 1979 – Optical diffraction analysis for estimating foliage angle distribution in grassland canopies, *Aust. J. Bot*., 27 : 123-133.

SMITH, L., 1960 - The relation between weather and meadow-hay yields in England 1939-56, *J. Br. Grassl. Soc*., 15 : 203-206.

SMITH, A. & BOSWELL, C., 1973 - A technique for the study of "fouling" by grazing cattle, J. Br. Grassl. Soc., 28 : 21-25.

SNEDECOR, G. & COCHRAN, W., 1968 - *Statistical methods*, Iowa State Univ press, Ames, 593 p.

SNEDECOR, G. & COCHRAN, W., 1980 - *Méthodes statistiques*, Acta, Paris, 600 p.

Soil Surv. Staff, 1951 - *Soil survey manual*, US Dept. Agric. Handbook n 18, U.S.D.A., Washington, 499 p.

Soil Surv. Staff, 1980 – *Soil classification - A comprehensive system 7th approximation*, Soil Conserv. Serv., U.S.D/A., Washington, 265 p.

SOTI, V., 2002 – *Etude dur l'évolution du couvert végétal et utilisation de l'espace pastoral à l'aide de la télédétection : l'exemple du kolkhose de Ravina (désert du Karakoum) au Turkménistan*, Dipl. Univ. De 3° Cycle de cartographie, Univ. P. Valéry, Montpellier, 100 p.

SOLTNER, D., 1988a - *Alimentation des animaux domestiques*, Coll. Sci et Tech. Agric. Sainte-Gemmes-sur-Loire, 104 p.

SOULAS, C., 2005 – Le diagnostic pastoral des estives à l'échelle de la commune ou de la vallée : Pour une approche à plusieurs entrées de la complexité des systèmes pastoraux ; proposition de méthode, Pastum, 77 : 16-18

SOULIAS, R., 1958 - Comment évaluer la production de nos prairies ? *Agric. Bourbonnaise*, 2 p.

SOLTNER, D., 1988b - *La production de viande bovine*, Coll. Sci et Tech. Agric. Sainte-Gemmes-sur-Loire, 104 p.

SOLTNER, D., 1988c - *Tables de calcul des rations pour bovins, ovins, caprins chevaux et porcs*, Coll. Sci et Tech. Agric. Sainte-Gemmes-sur-Loire, 104 p.

SONI, B., 1975 - Capacité de charge : concepts et définition, méthode d'évaluation et d'utilisation des unités de gros bétail, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abeba* : 261-264.

SORENSEN, Th., 1948 – A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, *Biologiske skrifter*, 5, 4 : 3 –37 + tables

SOUGNEZ, N., 1956 - *Carte de la végétation de Belgique, planchette de Henri-Chapelle*, I.R.S.I.A., Bruxelles, 1 feuille.

SOUGNEZ, N. & LIMBOURG, P., 1963 - Les herbages de la Famenne et de la Fagne, Bull. Inst. Agron. Gembloux, 31, 3 : 359-413.

SOUGNEZ, N. & NOIRFALIZE, M., 1954 - Signification et portée pratique d'une carte phytosociologique des herbages, *Actes Conf. Europ. Herbages, Oece, Paris* : 25-27.

SPECHT, R., 1982 - Structural attributes - foliage projective cover and standing biomass, in GILLISON & ANDERSON, 1982.

SPECHT, R. & MORGAN, D., 1981 - The balance between the foliage projective covers of overstorey and understory strata in australian vegetation, *Aust. J. Ecol*., 6 : 193-202.

SPEDDING, C. & LARGE, R., 1957 - A point-quadrat method for the description of pasture in terms of height and density, *J. Brit. Grassl. Soc*., 12 : 229-234.

SPRENT, P., 1992 - *Pratique des statistiques non paramétriques*, Coll "Techniques et pratiques" Inra, Paris, 294 p.

SPRINGFIELD, H., 1974 - Using a grid to estimate production and utilization, *J. Rg. Mgt*., 27, 1 : 76-78.

STABILA, 2006 – *La bonne mesure*, Stabila Gmt, Landauer, 60 p.

STANTON, F., 1960 - Ocular point frame, *J. Rg. Mgt*., 13, 3 : 153.

STAPLEDON, F. & WILLIAMS, R., 1924 - Grazing and the grazing animal, *Bull. Welsh. Plant Breed. Sta*., ser. H, n 3.

STEIGER, T., 1960 – Structure of prairies vegetations, *Ecology*, 11 : 170-217.

STEPHEN, R. & REVFEIM, K., 1971 - A comparison of three pasture measurement techniques, *Proc. N.Z. Grassl. Ass*., 33 : 76-82.

STEWART, A. & CHARLTON, D., 2003 - Pasture and forage plants to New Zealand, *Grassld. Res. and Practice*, 8, 1 : 1-96.

STOCKDALE, C., 1984 – Evaluation of technics for estimating the yield of irrigated pastures grazed by diry cows 2 – The rising plate meter, *Aust. J. of agric. And animal Husb*., 24, 126 : 305-311/

STOHLGREN, T., BULL, K. & OTSUKI, Y., 1998 - Comparison of rangeland vegetation sampling techniques in the Central Grasslands*, J. Rg. Mgt*., 51, 2 : 164-172.

S.U.A.C.I., 1990 - *Les prairies de fauche de montagne, fiches techniques à l'usage des conseillers agricoles*, SUACI, Chambery, 21 fiches recto-verso.

SZCZEPANSKI, A., 1969 - Biomass of underground parts of the reed *Phragmites communis* Trin., *Bull. Acad. Pol. Sci*., sér. Sci Biol., 17 : 245-246.

T

TADMOR, N., BRIEGHET, A., NOY-MEIR, I., BENJAMIN, R.& EYAL, E., 1975 - An evaluation of calibrated weight-estimate method for measuring production in annual vegetation, *J. Rg. Mgt*., 28, 1 :65-69.

TCHABI, V., 1998 – Présentation d'une formule validée établissant la relation entre les valeurs pastorales des espèces fourragères et les capacités de charge dans une réserve de faune soudanienne, *XI° World forestry congress, 12-22 oct. 1997*, Antalaya, Turquie : 30-43

TEREKHNOV, V., 1984 - Méthode de cartographie de la bonne exploitation des pâturages, *in* NETCHAYEVA, 1984a : 155-170.

t'HART, M. & DE VRIES, D.M., 1949 - Grassland and grassland husbandry in the Netherlands, *Proc. 5th Int. Grassl. Congr.* : 24 p.

t'HART, M. & DE VRIES, D.M., 1950 - La prairie et l'exploitation de la prairie aux Pays Bas, *B.T.I*., 52 : 547-551.

TELFER, E., 1969 - Twig weight diameter relationships for browse species*, J. Wildl. Mgt*, 27 : 428-437.

THEAU, J.P., CRUZ, P., FALLOUR, D. ,JOUANY, C., LECLOUX,,E. & DURU, M., 2010 - Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes, *Fourrages ,* 201,: 19-25
http://www.afpf.asso.fr/files/fourrages/articles/201.Theau.pdf

THIAULT, M., 1960 – Valeur pastorale des plantes fourragères spontannées, *Fourrages*,.. : 63-80

THIAULT, M., 1968 - *Reconnaissance phyto-écologique des Hautes-Terres des Grands Causses lozériens*, Doc N° 37, Cnrs, Centre Emberger, Montpellier, 117 p.

THIAULT, M., 1979 - Présentation des parcours méditerranéens III. Réflexions à partir de quelques aspects bioclimatiques, *C.R. des X Journées du grenier de Theix*, INRA :461-468.

THILENIUS, J., 1966 - An improved vegetation sampling quadrat, *J. Range Mgt*., 19, 1 : 40.

THIMEL, R., 1952 - Le calcul de la ration : valeur alimentaire et valeur économique, *B.T.I.,* 75 : 765-770.

THOMAS, D. & GART, J., 1977 - A table of exact confidences limits for differences and ratio of two proportions ans their odds ratios, *J. Amer. Stat. Ass*., 72, 357 : 73-76.

THOMAS, W. & LAZENBY, A., 1968 - Some comparisons of inclined point quadrat and air flow planimeters methods for measuring leaf area index of grass swards, *J. British. Grassl. Soc*., 23 : 268-273.

THOMET, P., SCHMID, W. & ROUX, M., 1991 – Maintien des prairies riches en espèces : une tâche pour l'agriculture, *Rev. Suisse Agric*., 23, 1 : 21-25

TIDMARSH, C. & HAVENGA, C., 1955 - The wheel-point method of survey ans measurement of semi-open grasslands and karoo vegetation in South Africa, *Bot. Surv. South Africa*, Mém n 29, 49 p.

TINNEY, F., AAMODT, O. & AHLGREN, A., 1937 - Preliminary report of pasture swards, *J. Amer. Soc. Agron*., 29 :835-840.

TOGOLA, M., 1982 - *Contribution à l'étude de la végétation sahélo-soudanienne et des potentialités pastorales de la région de Kaarta (Mali),* Thèse, Université Paris Sud, Orsay, 109 p.

TOKESHI, M., 1993 – Species abundance patterns and community structure, *Adv. Ecol. Research*, 24 : 111-186.

TOLEDO, J., BURNS, J., LUCAS, H., ANGELONE, A., 1980 - Herbage measurement in situ by electronics, 3. Calibration, characterization and field applications, *Grass and Forage Sci*., 35, 3 :189-196.

TOUNSI, K., 1996 - *La télédétection satellitaire, Etude des systèmes alimentaires et gestion des territoires en Tunisie centrale,* UFR de géographie et aménagement rural, Univ. Paul Valéry, Montpellier, 250 p.

TORLACH, D., 1986 - A grazing area calculator for use in central Australia, *Comm. II Int. Rang. Congr., Adelaide* : 141.

TOSCA, C., 1975 - Les pelouses subalpines des Pyrénées centrales. Leur valeur pastorale, *Fourrages*, 61 : 45-74.

TOURE, L. & GILLET, H., 1989 - Techniques d'inventaire des ligneux et de la biomasse ligneuse appétée, *Actes Sem. Régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants, N'Gaoundéré* : 251-264.

TOUTAIN, B., 1973 - *Contribution à l'étude de la biomasse et de la productivité primaire des pâturages naturels de l'Afrique de l'Ouest,* Iemvt, Maisons-Alfort, 30 p.

TOUTAIN, B., 1978 - *Inventaire floristique du sahel de Haute-Volta et du nord du pays de Gourmanché, Ecologie des plantes, noms vernaculaires et intérêt fourrager*, IEMVT, Maisons-Alfort, 122 p.

TOUTAIN, B., *Notice de la carte des ressources fourragères au 1/50 000 - République de Haute-Volta,* ORSTOM, Paris, et IEMVT, Maisons-Alfort, 75 p.

TOUTAIN, B., 1989 - *Guide d'identification des principales graminées de Nouvelle Calédonie*, Coll. Etudes & Synthèses N 35, CIRAD-EMVT, Maisons Alfort, 96 p.

.

TOUTAIN, B., BORTOLI, L., DULIEU, D., FORGIARINI, G. MENAUT, J.C. & PIOT, J., 1983 – *Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes pâturés sahéliens de haute-Volta – Synthèse des résultats du programme A.C.C. GRIZA*, IEMVT, Maisons-Alfort, 124 p.

TOUTAIN, B. & DEDEKEN, E., 1977 - Plantules de quelques espèces fourragères annuelles du Sahel. Guide de reconnaissance, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop*., 30, 3 : 315-322.

TOUTAIN, B. & DESLANDES, P., 1979 - Méthodes de mesure pour le contrôle continu des pâturages, *in* TOUTAIN, B., DESLANDES, P. & TACHER, G., *Développement de l'élevage dans la vallée de la Nouhao (Haute-Volta),* IEMVT, Maisons-Alfort : 133-139

TOUTAIN, B. & LHOSTE, P., 1978 - Essai de détermination du coefficient d'utilisation de la biomasse herbacée par le bétail dans un périmètre sahélien, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop.,* 31, 1 :95-101.

TRIVIERE, F.-X., 1991 - Emonder les arbres : tradition paysanne, pratique ouvrière , *Terrain*, 16: 62-77. http://terrain.revues.org/2998

TROCHAIN, J.L., 1955 – Nomenclature et classification des groupements végétaux en Afrique noire française, *Ann. Biol*., 31 : 318-335.

TROCHAIN, J.L., 1957 - Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale, *Bull. I.E.C.,* 13-14 : 55-93.

TROLLOPE, W. & POTGIETER, A., 1986 - Estimating grass fuel loads with a disc pasture meter in the Kruger national park, *J. Grassl. Soc. South. Afr.,* 3, 4 : 148-152.

TROUGHTON, A., 1957 – *The underground organs of herbage grass*, Lamport, Gilbert & Co, Londres, 1 vol.

TROUGHTON, A., 1983 - Root mass ans distribution, *in* HODGSON J. et al. Edit., 1983 : 159-178.

THURMANN, J., 1849 – *Essai de phytostatique appliquée à la chaîne du Jura et aux contrées voisines*, Gent & Gessmann, Berne, 2 vol.

TUCKER, C., 1980 - A critical review of remote sensing and other methods for non destructive estimation of standing crop biomass, *Grass and forage sci*., 35, 3 : 177-182.

TURC, L., 1972 - Indice climatique et potentialité agricole, *Sci. Sol,* 2 :81-102.

U

ULYATT, M., 1973 - The feeding value of herbage *in* BUTLER, G. & BAILEY, R., *Chemistry and Biochemistry of herbage*, Academic press, Londres : 137-178.

URBT, 1978 – *Rapport phytoécologique et pastoral de la Willaya de Saïda*, URBT, Alger, 256 p.

URBT, 1987 – *Rapport phytoécologique et pastoral de la Willaya de Djelfa*, URBT, Alger, 156 p.

URBT, 1992 – *Rapport phytoécologique et pastoral de la Willaya de Biskra*, URBT, Alger, 146 p.

V

VALENZA, J., 1975 - Les pâturages naturels de la zone sylvopastorale du Sahel sénégalais vingt ans après leur mise en valeur, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, *Actes Coll. Bamako, ILCA, Addis Abbeba* :191-194.

VALENZA, J., 1981 - Surveillance continue des pâturages sahéliens sénégalais. Résultats de 1974 à 1978, *Rev. Elev. Méd. Vét. Trop.,* **34**, 1 : 83-100.

VALENZA, J., 1985 - La surveillance des écosystèmes pastoraux en zone sylvo-pastorale, *Les Cahiers de recherche et développement,* 6 : 20-21

VALENZA, J. & TOURE, I.A., 1986 - Bilan fourrager, aménagement et gestion des parcours naturels, cas du Nord-Sénégal, *Séminaire régional sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens*, FAPIS-UNESCO, Dakar/Sénégal : 16 p.

VAN BREDA, N., 1937 - A method of charting Karoo vegetation, *So. Afr. J. Sci.,* 34 : 265-267.

VAN DER MAAREL, E., 1979 – Transformation of cover abundance values in phytogeography and its effect on community similarity, *Vegetatio*, **39** : 97-114.

VAN DYNE, G., 1960 - A method for random location of sample units in range investigations, *J. Rg. Mgt*., **13**, 3 : 152-153.

VAN DYNE, G., 1960 - A procedure for rapid collection procesing and analysis of line intercept data, *J. Rg. Mgt*., **13**, 5 : 247-251.

VAN DYNE, G., 1963 - Influence of small plot size on range estimate production estimates, *Ecology,* **44**, 4 : 746-759.

VAN DYNE, G., BLEDSOE, L., GUSTAFSON, J., HUGHES, J. & SWIFT, D., 1975 - *A study of the dry weight rank method of botanical analysis*, Technical report, N° 297, Grassland Biome, Fort Collins, 67 p.

VAN DYNE, G., VOGEL, W. & FISSER, H., 1963 - Influence of small plot size and shape on range herbage production estimates, *Ecology*, **44** : 746-759.

VANKEUREN, R. & AHLGREN, H., 1957 – A statistical study of several methods used in determining the botanical composition of a sward, *Agron. J.,* **49**, 10 : 532-536 ; **49**, 11 : 581-585.

VAN WAGNER, C. & WILSON, A., 1976 - Diameter measurement in the line interpect method, *J. of forestry*, **22**, 2 : 230-232.

VAN WYK, J., 1966 - *Bekendstelling van dir Kruinbedekkingsmeter -'n nuwe ekologiese Instrument*, Suid-Afrikaanse akademie vir wertenskap en kuns : 171-180.

VAN WAGNER, C. & WILSON, A., 1976 - Diameter measurement in line intersect method, *Forest Sci*., **22**, 2 : 230-232..

VICKERY, P., BENNETT, I. & NICOL, G., 1980 - An improved electronic capacitance meter for estimating herbage mass, *Grass and Forage Sci*., 35, 3 : 247-252.

VERTES, F.1987 - Role diagnostic de la phytosociologie pour une évaluation scientifique de la valeur pastorale d'un territoire, *Coll. Phytosociologique XV, Strasbourg* : 667-674 VERTES, F., 1989 - Phytosociologie et estimation des ressources fourragères d'un territoire, *Actes XVI Congr. Int. Herb. Nice,* A.F.P.F., Versailles : 1441-1442.

VERTES, F. & SIMON, J., 1991 - Pourquoi et comment estimer le pourcentage de trèfle dans les associations graminée-Légumineuse, *Fourrages*, 127 : 297-312.

VINOGRADOV, B., 1984 - Indication de distance et cartographie des pâturages, *in* NETCHAYEVA, 1984a :23-32.

VINOGRADOV, B., 1987 - Remote sensing of rangeland productivity and dynamics in USSR, *in* HANXI, 1987a : 21-34.

VIRKAJARVI, P., 1999 – Comparison of threeindirect methods for prediction of herbage mass on thimothy meadows, Acta Agric. Skand., 49 : 75-81.

VIVIER, M., 1969 - Etude de la prairie permanente dans le département du Calvados, Méthodologie et premiers résultats, *Fourrages,* 4: 23-38.

VIVIER, M., 1971 - *Les prairies permanentes du Bessin et du Pays d'Auge*, Thèse, Univ. Caen, 382 p.

VIVIER, M., 1971 - L'interprétation agronomique des inventaires botaniques des prairies permanentes à l'aide des grilles floristiques et des in-dices spécifiques, *Fourrage*s, 48 : 45-56.

VIVIER, M. & BAUDRY, J., 1988 - *Fermes herbagères et prairies de l'Isthme du Cotentin*, INRA, Saint-Pierre-sur-Dives, 217 p.

VIVIER, M. & LECONTE, D., 1994 - Flore et végétation : reflet de la rupture des pratiques agronomiques, *Norois (Poitiers),* 41 : 691-703.

VOGEL, W., 1961 – Comparison of three range measurement techniques and response of native vegetation to protection from sheep grazing, *J. Rg. Mgt*., 14, 1 : 55

VOISIN, A., 1954 - Le principe fondamental de la rotation des herbages, *C.R. Conférence europeenne des herbages*, Inra, Paris, 23 p.

VOISIN, A., 1957 - *Productivité de l'herbe*, Flammarion, Paris, 467 p.

VOISIN, A., 1960 - *Dynamique des herbages*, La maison rustique, Paris, 320 p.

VOISIN, A. & LECOMTE, A., 1958 - *La vache et son herbe, Manuel de productivité de l'herbe*, Flammarion, Paris, 108 p.

VOLAIRE, F., 1989 - *Etude phyto-écologique des formations herbacées herbacées de Corse*, Thèse, Univ. Sci. Tech. Lang., Montpellier, 180 p.

VOLAIRE, F., GODRON, M. & LELIEVRE, F., 1990 - Les formations herbacées de Corse I-Elaboration d'une typologie mésologique et floristique, *Agronomie*, 2 : 163-174.

VON BROEMBSEN, H., 1965 – A wheel-point apparatus for the survey and measurement of semi open savannah vegetation, *Proc. IX° Int. Grassld. Congr., Sao Paulo*, 4 p.

VON BROEMBSEN, H., 1965 – A study of the methods of vegetation measurement by means of an electronic analogue apparatus, *Proc. IX° Int. Grassld. Congr., Sao Paulo*, 7 p.

VON BROEMBSEN, H., 1966 – The logarithmic series applied to point samples drawn from natural pastures, *Proc. X° Int. Grassld. Gongr, Helsinski* : 913-916.

VON DROSTE, B. Edit., 1990 - La télédétection et l'environnement, *Nature & Ressources*, 26, 1, 48 p.

W-X-Y-Z

WAGHORN, G. & CLARK, D., 2004 - Feeding value of pastures for ruminants, *N.Z. Veterinary* J., **52**, 6 : 320-331.

WALKER, B., 1970 - An evaluation of eight methods of botanical analysis on grasslands in Rhodesia, *J. Appl. Ecol.,* **7**, 2 : 403-416.

WALTER, Ch., 1998 – La grande peur de l'inconnu, *Pour la Science*, 243 ; 12.

WAYNE COOK, C., edit., 1986 - Range research : Basic problems and techniques, *Soc. for Range Mgt*., Denver, 317 p.

WAYNE COOK, C. & BOK, T., 1961 - A comparison of the loop and point intercept methods of analysing vegetation, *J. Rg. Mgt*., **14**, 1, 22-27.

WARREN-WILSON, J., 1950 - Analysis of spatial distribution of foliage by two dimensional point quadrat, *The New Phytol*., **58** : 92-101.

WARREN-WILSON, J., 1958 - Analysis of spatial arrangement of foliage angle by two-dimensional point-quadrat *The New Phytol*., 59, 1 : 92-101. ??.

WARREN-WILSON, J., 1959 - Influence of special arrangement of foliage area in grasslands, *in* IVINS, J., *The measurement of grasslands productivity*, Londres : 51-61.

WARREN-WILSON, J., 1960 - Inclined point quadrat, *The New Phytol.,* 59, 1 : 1-8. .

WARREN-WILSON, J., 1963 – Errors resulting from the thickness of point-quadrat, *Aust. J. Bot*., 11 : 178-188.

WARREN-WILSON, J., 1963 - Estimation of foliage denseness and foliage angle by inclined point-quadrat, *Aust. J. Bot*., 11 : 95-105.

WARREN-WILSON, J., 1965 – Stand structure and lignt penetration – I. Analysis by point quadrat, *J. App. Ecol*., **2**, 2 : 383-390.

WEIGERT, R., 1962 - The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs, *Ecology*, **43**, 1 : 125-129.

WEIRICH, N., 2005 – « DIAGALPI », Diagnostic pastoral d'alpages laitiers, *Pastum* 77 : 8-10

WELLS, K., 1971 - Measuring vegetation changes on fixed quadrat by vertical ground stereophotography, *J. Rg. Mgt.,* **24**, 3 : 111-115.

WELTER, M. & LE BRIS, X., 1992 - L'herbomètre, un outil d'estimation de la masse d'herbe des prairies permanentes de Lorraine, *Fourrages*, NS : 170-171.

WENGER, H., 1950 – *L'appréciation du bétail tacheté du Simmental*, Editions de s hoirs C.J. Wyss, Berne, 95 p.

WESTOBY, M., WALKER, B. & NOY-MEIR, E., 1989 - Opportunistic management for rangelands not at equilibrium, *J. Rg. Mgt*., **42**, 4 : 266-274.

WEST, O., 1937 - An investigation of methods of botanical analysis of pasture, *S. Afr. J. Sci*., 33 : 501-559.

WEST, O., 1938 - The significance of percentage area determinations yielded by the percentage area or density list method of pasture analysis, *J. Ecology*, 26 : 210-217.

WETTSTEIN, J.B. & CHARLES, J.P., 1979 – Influence du mouton sur la végétation d'un pâturage, *Revue suisse d'agriculture*, 11, 4 : 165-172.

WHITE, C., 1978 - Estimation of plant biomass from quadrat data using the log-normal distribution, *J. Rg. Mgt*., **31**, 2 : 118-120.

WHITE, W. & LEWIS, C., 1982 – Establishing circular plot boundaries with a wedge prism and an adjustable target plot, *J. Rg. Mgt*., **36**, 5 : 677-678.

WHITMAN, W. & SIGGEIRSON, E., 1954 - Comparison on line interception and point contact method in the analysis of mixed grasses range vegetation, *Ecology*, 35, 4 : 431-436.

WILCOX, D., 1975 - Utilisation des techniques de relevés phytosociologiques et évaluation des parcours, Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux, Actes Coll. Bamako , ILCA, Addis Abbeba, 25-31.

WIDYOBROTO, B., 1988 - *Approche de la valeur alimentaire des ressources fourragères et de leur utilisation par l'animal au Sénégal*, Mémoire DESS, Muséum Nat. Hist. Nat., Paris, 77 p.

WIEGERT, R., 1962 - The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs, *Ecology*, 43 : 125-129.

WILLIAMS, T., 1947 - The animals and pasture evaluation, *J. Brit. Grassl. Soc.,* **2**, 4 : 207-212.

WILLIAMS, T., 1949 - Evaluation of british grassland, *C.R. British Grassl. Soc. Annual Winter Meet* : 17-52.

WILLIAMS, T., 1954 - Carte des herbages de l'Angleterre et du Pays de Galles, Classement agronomique des herbages, *Actes Conf. Europ. Herbages*, Oece, Paris : 31-33.

WILLIAMS, E., 1974 - Changes in yield and botanical composition caused byy the new liming scheme on park grass, Rep. Rothamsted experimental station : 67-73.

WILLIAMS, T. & DAVIS, A., 1946 - A grassland survey of Monmouthshire "Moors", *J. Brit. Grassl. Soc*., **1**, 2 :1-22.

WILSON, R., 1988 - The nutritional requirements of camels, *Options Médit*., A, 2 : 171-179.

WINKWORTH, R., 1965 - The use of point quadrats for the analysis of healthland, *Austr. J. Bot*., 3 : 68-81.

WINKWORTH, R., GOODALL, D., 1962 - A crosswire sighting tube for point quadrat analysis, *Ecology*, **43**, 2 : 342-343.

WINKWORTH, R., PERRY, R. & ROSETTI, C., 1962 - A comparison of methods of estimating plant cover in arid grassland community, *J. Rg. Mgt*., 15, 4 : 194-196.

WHITMORE, T., BROWN, N., SWAINE, M., KENNEDY, D., GOODWIN-BAILEY, C. & GONG, W., 1993 - Use of hemispherical photographs in forest ecology : measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest, *J. Trop. Ecol*., 9 : 131-151.

WOODELL, S. & BOORMAN, L., 1966 – A light, sturdy, inexpensive point quadrat frame, *Ecology*, **47**, 5 : 870-871.

WOTTO, J., 2001 _ *Dynamique des pâturages naturels dans le système agraire de la sous-préfecture de Péhunco*, Mémoire de maîtrise, Dept de géogr., Cotonou 141 p.

WOTTO, J., 2003 – *Pratique de l'élevage des bovins au Bénin : son intégration dans la gestion des écosystèmes du terroir Dogué, DESS en aménagement des ressources naturelles*, Fac. Sci Agron., Univ. d'Abomey-Calavi, 115 p.

YAROSHENTO, P., 1958 - On methods of studying the pattern of vegetation cover, *Botanical Zhurnal (Moscou*), 43 : 381-387. (en russe).

YARRANTON, G., 1966 - A plotless method for sampling vegetation, *J. Ecol.,* 54 : 229-237.

YARRANTON, G., 1969 - Pattern analysis by regression*, Ecology*, 50, 3 : 390-395.

YERLY, M., 1970 - Ecologie comparée des prairies marécageuses dans les alpes de Suisse cidentale, *Veröfl. Geobot. Inst. Rübel*, 44 :1-119.

YOSKO, I., 1988 – *Le système pastoral toubou du Bahr-el-Ghazal – Essai d'approche intégrée des modèles empiriques et modèles écologiques,* Thèse de Doctorat, USTL, Montpellier, 257 p.

ZALETAEV, V., 1984 - Influence active des animaux sauvages sur les pâturages, *in* NETCHAYEVA, 1984a : 100-103.

ZAMORA, B., 1981 - An approach to plot sampling for canopy volume in shrub communities, *J. Rg. Mgt*., **34**, 2 : 155-156.

..oOo..

GNIS – 2010 – Amélioration des prairies

1 - GNIS - Le diagnostic des prairies
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-presentation.html

2 - GNIS - Décrire la parcelle.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-observer-parcelle.html

3 - GNIS - Observer la flore en place.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-observer-flore.html

4 - GNIS - La fiche diagnostic.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-fiche-diagnostic.html

5 - GNIS - Améliorer ou rénover.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-decision-ameliorer-renover.html

6 - GNIS - Amélioration sans destruction.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-amelioration-sursemis-pratique.html

7 - GNIS - Rénover avec nouvelle flore.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-renovation-decision.html

8 - GNIS - Le semis direct.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-semis-direct.html

9 - GNIS - Les espèces prairiales.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-espece-prairiale.html

10 - GNIS - Les plantes indicatrices.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-plante-indicatrice.html

11 - GNIS - Les documents téléchargeables.pdf
http://www.gnis-pedagogie.org/diagnostic-prairie-document-telechargement.html
Fiche de diagnostic de l'état de la prairie
Fiche de décision pour améliorer ou rénover la prairie
Clé de détermination de principales graminées prairiales
Aide au choix de la méthode de rénovation
Classement des espèces selon leur qualitées

BARTHA, G., 1970 – *Plantes fourragères de la zone sahélienne d'Afrique*, Weltforum Verlag, Munich, 306 p.

D'OTTAVIO P., SCOTTON M. & ZILIOTTO U., 2005 - Pastoral value of mountain pas tures of Monti Sibillini (Central Apennines, Italy) grazed by s heep in MOLINA ALCAIDE E. (ED.) et al. Sustainable grazing, nutritional utilization and quality of sheep and goat products Zaragoza ,*Options Méditerranéennes* : Série A. Séminaires Méditerranéens, 67 : 93- 98
http://om.ciheam.org/om/pdf/a67/06600026.pdf

LAWESSON, J.E., FOSAA, A.M. & OLSEN, E., 2003 - Calibration of Ellenberg indicator values for the Faroe Islands, *Applied Vegetation Science* 6 : 53-62
http://www.jstor.org/discover/10.2307/1479056?uid=3738016&uid=2&uid=4&sid=21102768599307

GUARINO, R., DOMINA, G. & PIGNATTI, S., 2012 - Ellenberg's Indicator values for the Flora of Italy – first update: Pteridophyta, Gymnospermae and Monocotyledoneae, Fl. Medit. 22 : 197-209
http://www.academia.edu/3984863/Ellenbergs_Indicator_values_for_the_Flora_of_Italy_-_first_update_Pteridophyta_Gymnospermae_and_Monocotyledoneae

GóMEZ-GARCíA, D., GARCíA-GONZáLEZ, R., MARINAS, A. & ALDEZABAL, A., s.d. - An eco-pastoral index for evaluating Pyrenean mountain grasslands Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). Jaca, Spain
http://digital.csic.es/bitstream/10261/36776/1/75_IEP_LaRochelle.pdf

KLEIN, HD, 1994 – *Introduction de légumineuses dans la rotation céréale-cotonnier au Nord-Cameroun*, CIRAD/EMVT, Maisons-Alfort 179 p.

REISS, D., ONANA, J., KLEIN, H.D. & DJOUMESSI, M., 1997 – Introduction de légumineuses fourragères dans les assolements : gestion des pâturages naturels, in SEINY BOUACAR *et al.* : 195-209,

SEINY BOUKAR, I., POULAIN, J.F. & FAURE, G., 1997 – *Agriculture des savanes du Nord-Cameroun : vers un développement solidaire des savanes d'Afrique centrale*, Actes de l'atelier d'échange 25-29 Novembre 1996; Garoua Cameroun, Montpellier, France, 528 p.

PETROVIC, M., ACIC, S., ZORNIC, V., ANðELKOVIC,B., DAJIC-STEVANOVIC, Z.
& BABIC, S., 2013 - Evaluation of quality of semi-natural grasslands of central serbia upon phytosociological and numerical analysis
Biotechnology in Animal Husbandry, 29, 2 : 363-371 http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?id=1450-91561302363P

Annexe

Indices spécifiques pour le calcul des VP

Table des matières

Flore des pâturages de la zone méditerranéenne sèche

Flore des régions européennes au nord de la méditerranée

Flore des régions sub-humides du Chili

Flore de l'île de Pâques

Flore des régions tropicales africaines

Flore des hauts plateaux de Mongolie

Flore des pâturages de l'Uruguay

Flore des pâturages de la zone méditerranéenne sèche

Acantholimon festucaceum	0	Aeluropus littoralis	4
Acanthophyllum sp.	0	Agropyron aucheri	2
Achillea conferta	3	Agropyron intermedium	4
Achillea fragantissima	2	Agropyron orientale	5
Achillea membranacea	8	Agropyron tauri	2
Achillea millefolium	4	Agropyrum elongatum	6
Achillea santolina	2	Agropyrum intermedium	5
Achillea tenuifolia	3	Agropyrum longiaristatum	7
Adonis dentata	1	Agropyrum panormitanum	7
Aegilops crassa	2	Agropyrum trichophorum	7
Aegilops intermedium	1	grostis salmantica	4
Aegilops longearistatum	2	Agrostis stolonifera	6
Aegilops ovata	3	Aira caryophyllea	2
Aegilops squarrosa	3	Ajuga chamaepytis	0
Aegilops tauri	2	Ajuga iva	1
Aegilops tauschri	2	Alcea kurdica	1
Aegilops teptaurum	1	Alhagi camelorum	0
Aegilops triuncialis	4	Alhagi maurorum	0
Aegilops umbellulata	1	Alisma plantago-aquatica	0
Aegilops ventricosa	4	Alkanna bracteosa	0
Aellenia auricula	0	Alkanna orientalis	0
Aeluropus arundinaceum	2	Allium cepa	0

Allium colchicifolium	0
Allium cupani	1
Allium decipiens	0
Allium paniculatum	0
Alopecurus arundinaceum	4
Alopecurus aucheri	4
Alopecurus myosuroides	7
Alyssum sp.	2
Amaranthus blithoides	0
Ammi majus	1
Ammi visnaga	1
Ammochloa pungens	5
Amygdalus hausslenechitii	0
Amygdalus lycioides	0
Anabasis aphylla	1
Anabasis oropediorum	4
Anabasis setifera	2
Anabasis syriaca	0
Anacyclus cyrtolepidoides	3
Anacyclus radiatus	2
Anagali sarvensis	1
Anagalis monelli	1
Anchusa strigosa	0
Androsa ceamaxima	1
Anthemis deserti-syrica	6
Anthemis kausshnechtii	6
Anthoxantum odoratum	2
Anthylis tetraphylla	4
Antinoria agrostidea	2
Antirrhinum oruntium	0
Arabis pubescens	1
Arenaria sp.	0
Arisarum vulgare	1
Aristida obtusa	5
Aristida pungens	1
Aristolochia sp.	0
Armeria mauritanica	0
Arnebia decumbens	0
Arrhenatherum elatius	8
Arrhenatherum kotschyi	4
Artemisia campestris	2
Artemisia herba-alba	6
Artemisia reptans	1
Arthrophytum schmittianum	3
Arthrophytum scoparium	1
Arum sp.	0
Asparagus albus	0
Asparagus aphyllus	0
Asperula arvensis	0
Asperula glomerata	1
Asphodeline sp.	0
Asphodelus microcarpus	2

Asphodelus tenuiflorus	0	Atriplex canescens	2
Astericus pygmaeus	1	Atriplex halimus	3
Astragalus armatus	1	Atriplex lasiantha	2
Astragalus baeticus	3	Atriplex lentiformis	1
Astragalus bulteri	5	Atriplex leucoclada	4
Astragalus caprinus	4	Avena alba	5
Astragalus cruciatus	4	Avena barbata	4
Astragalus gossypinus	0	Avena bromioides	5
Astragalus hamosus	3	Avena bysantina	5
Astragalus kirrindicus	1	Avena longiglumis	5
Astragalus lusitanicus	3	Avena sterilis	5
Astragalus mollis	2	Bellevalia nervosa	0
Astragalus parrowianus	0	Bellis annua	0
Astragalus platyraphis	5	Beta macrocarpa	3
Astragalus sesameus	5	Beta maritima	1
Astragalus sinaicus	5	Biscutella auriculata	3
Astragalus spinosus	0	Biscutella didyma	3
Astragalus tenuifolius	5	Bisserulapelecinus	2
Astragalus tribuloides	0	Boissiera squarrosa	4
Astragalus varfilagineus	0	Bothriochloa ischaemum	1
Atractylis carduus	1	Brachypodium distachyum	3
Atractylis humilis	1	Brachypodium sylvaticum	2
Atractylis phaeolepis	2	Briza maxima	2
Atractylis prolifera	1	Briza minor	2
Atractylis serratuloides	2	Bromus cappadocicus	2
Atractylis cancelata	2	Bromus danthoniae	1

Bromus desertorum	6	Callitriche palustris	0
Bromus gracillimus	2	Campanula dichotoma	0
Bromus hordeaceus	3	Campanula lusitanica	0
Bromus intermedius	3	Campanula simplex	1
Bromus japonicus	2	Capnophyllum peregrinum	2
Bromus lanceolatus	2	Capsella bursa-pastoris	3
Bromus madritensis	4	Carduus moenanthus	0
Bromus rigidus	2	Carduus myriacanthus	0
Bromus rubens	4	Carduus pycnocephalus	0
Bromus scoparius	2	Carex divisa	3
Bromus squarrosus	2	Carex leporina	3
Bromus tectorum	3	Carex stenophylla	2
Bromus tomentellus	7	Carlina involucrata	1
Bromus tomentosus	5	Carlina racemosa	2
Buffonia kotschyana	0	Carthamus sp.	0
Buffonia mauritanica	1	Catabrosa aquatica	2
Buffonia stapfiana	0	Catamanche lutea	4
Buffonia tenuifolia	1	Celsia faurei	1
Bupleurum lancifolium	1	Centaurea ammocyanus	1
Bupleurum semicompositum	2	Centaurea calcitrapa	0
Calamagrostis pseudophragmites	1	Centaurea depressa	0
Calendula aegyptica	2	Centaurea dumulosa	1
Calendula algeriensis	2	Centaurea incana	5
Calendula arvensis	3	Centaurea marroccana	2
Calendula bicolor	3	Centaurea pallescens	1
		Centaurea pullata	2

Centaurea virgata	0	Convolvulus stachydifolius	0
Centaurium maritimum	0	Coronilla varia	4
Centauriums picatum	0	Coronopus squamatus	0
Cerastium cerastioides	0	Corrigiola littoralis	0
Cerastium dichotomum	0	Cosiniapipto cephala	0
Cerastium glomeratum	1	Cotoneaster luristanica	0
Cerastium persica	0	Cotyledon breviflora	0
Ceratocephalus falcatus	1	Cotyledon umbilicus-veneris	0
Cerinthe major	1	Cousinia piptocephala	0
Cerinthe minor	0	Crassula alata	0
Chamaecytisus albidus	5	Crepis sancta	2
Chamaerops humilis	0	Crepis vesicaria	2
Chenopodium album	0	Cressa cretica	0
Chenopodium hotrys	1	Cricianel laciliata	0
Chenopodium murale	0	Crithopsis delineana	0
Chrozophora gracilis	0	Crucianella angustifolia	0
Chrysanthemum sp.	0	Crucianella arvensis	0
Cicendia filiformis	0	Crucianella ciliata	0
Cichorium intybus	2	Crypsis aculeata	1
Cirsium sp.	0	Crypsis alopecuroides	1
Cistus sp.	0	Crypsis schenoides	1
Cladanthus arabicus	0	Ctenopsis pectinella	3
Colchicum sp.	0	Cuscuta sp.	0
Convolvulus althaeoides	2	Cutandia dichotoma	6
Convolvulus arvensis	1	Cutandia sp.	5
Convolvulus siculus	2	Cynara humilis	0

Cynodon dactylon	5	Echium pycnanthum	1
Cynoglossum clandestinum	0	Elatine hydropiper	0
Cyperus longus	2	Elymus caput-medusae	2
Cyperus rotondus	1	Emex pinosa	0
Cypsophyla aretioides	1	Ephedra alata	3
Dactylis glomerata	10	Ephedra procera	2
Damasonium stellatum	0	Equisetum arvense	1
Daucus sp.	2	Eremopoa persica	1
Daucus setifolius	2	Eremopyrum bonaparti	2
Delphinium sp.	0	Eremopyrum confusum	2
Dendrostellera lesseretii	0	Eremopyrum distans	1
Deschempsia caespitosa	0	Eremopyrum orientalis	2
Dianthus crinitus	0	Erodium bipinnatum	3
Dianthus orientalis	2	Erodium botrys	2
Dianthus strictus	2	Erodium cichonium	2
Dipcadi serotinum	0	Erodium cicutarium	3
Diplotaenia damavandica	0	Erodium glaucophyllum	1
Diplotaxis catholica	3	Erodium malacoides	2
Diplotaxis tenuisilica	3	Erodium moschatum	2
Echinaria capitata	3	Erodium oethiopicum	1
Echinochloa crus-galli	1	Erodium praecox	2
Echinochloa poaeoides	1	Erodium triangulare	2
Echinodorus ranunculoides	0	Eruca sativa	2
Echinophora sp.	0	Eruca vesicaria	2
Echinops sp.	0	Eruchia lanata	2
Echium plantagineum	1	Eryngium atlanticum	1

Eryngium desertorum	0	Foeniculum vulgare	0
Eryngium ilicifolium	1	Frankenia thymifolia	1
Eryngium pecten-veneris	2	Frankenia corymbosa	1
Eryngium tricuspidatum	1	Frankenia hirsuta	0
Eucalyptus sp.	0	Frankenia laevis	0
Euphorbia sp.	0	Fritillaria olivieri	0
Evax argentea	1	Fritillari azagrica	1
Evax pygmaea	1	Fumaria agraria	1
Fagonia cretica	1	Gagea stipitata	0
Fagonia microphylla	1	Galactite stomentosa	0
Fedia cornucopiae	0	Galium murale	0
Ferula communis	0	Galium parisiense	0
Ferula comosa	1	Galium tricorne	0
Ferula cossonia	0	Gastridium ventricosum	4
Ferula gallaniflue	3	Gaudinia fragilis	4
Ferula gummosa	1	Geranium dissectum	1
Festuca arundinacea	6	Geranium rotundifolium	1
Festuca ovina	4	Geranium molle	1
Festuca pratensis	1	Geropodon glaber	2
Festuca rubra	5	Gladiolus alepicus	2
Festuca sclerophylla	6	Gladiolus segetum	2
Fibigia suffruticosa	1	Glaucium oxylabium	0
Filago desertorum	0	Glyceria fluitans	5
Filago gallica	0	Glyceria plicata	4
Filago germanica	0	Glycyrrhiza foetida	0
Filago spathula	1	Glycyrrhiza glabra	0

Gundelia tournefortii	0	Herniaria hirsuta	1
Gymnoparpos decander	2	Heteranthelium piliferum	1
Gypsophyla aretioides	1	Hibiscus trionum	0
Gypsophyla caricifolia	1	Hippocrepis bicontorta	5
Gypsophyla porrigens	0	Hippocrepis multisiliquosa	5
Gypsophyla virgata	0	Holcus lanatus	3
Halopeplis perfoliatus	1	Holosteum umbellatum	0
Haloxylon aphyllum	2	Hordeum bulbosum	4
Haloxylon articulatum	4	Hordeum glaucum	5
Haloxylon persicum	1	Hordeum murinum	1
Hedypnois cretica	2	Hordeum sativum	8
Heleocharis palustris	3	Hordeum spontanum	8
Helianthemum apertum	3	Hordeum violaceum	5
Helianthemum guttatum	2	Hordeum vulgare	6
Helianthemum hirtum	4	Hultima persica	0
Helianthemum ledifolium	0	Hyoscianus arachnoides	0
Helianthemum lipii	3	Hypericum sp.	0
Helianthemum pilosum	2	Hypochoeris glabra	3
Helianthemum salicifolum	1	Hypochoeris radicata	3
Helianthemum virgatum	3	Illecebrum verticillatim	0
Heliotropium europaeum	0	Imperata cylindrica	1
Heliotropium supinum	0	Inula viscosa	0
Helosciadium nodiflorum	0	Iris sp.	0
Herniaria cinerea	0	Isoetes hystrix	0
Herniaria fontanesii	2	Isoetes velata	0
Herniaria glabra	0	Ixilirion montanum	4

Ixilirion palasii	4	Laurentia michelii	0
Ixilirion tataricum	0	Lavandula multifida	0
Juncus acutus	1	Lavandula stoechas	0
Juncus bufonius	1	Lavatera cretica	4
Juncus capitatus	0	Lemna minor	0
Juncus lampocarpus	0	Lenoticeteonto petalum	0
Juncus maritimus	0	Leontodon hispidulus	4
Juncus pygmaeus	1	Leontodon saxatilis	4
Juncus striatus	0	Leontodon sp.	4
Juncus tenageia	0	Lepidium sp.	2
Jurinea macrocephala	0	Lepturus cylindricus	4
Kochia prostrata	3	Lepyrodiclis sp.	0
Koeleria phleoides	4	Leucojum glaucum	0
Koeleria pubescens	4	Limonastrium feei	1
Koelpinia linearis	5	Limonium ferulaceum	0
Lactuca orientalis	2	Limonium sinuatum	1
Lagoeci acuminoides	3	Limonium spicatum	0
Lallemantia iberica	1	Limonium thouini	1
Lamarkia aurea	2	Linaria bipartita	1
Lamium album	0	Linaria commutata	0
Lappula redowski	3	Linaria multipunctata	1
Lathyrus sp.	4	Linaria spuria	0
Launaea acanthoclada	2	Linaria ventricosa	1
Launaea acanthodes	3	Linum album	1
Launaea nudicaulis	3	Linum nodiflorum	1
Launaea resedifolia	4	Linum usitatissimum	0

Lolium multiflorum	9	Marsilea strigosa	0
Lolium perenne	10	Matricaria chamomilla	0
Lolium rigidum	8	Matthiola parviflora	3
Lolium temulentum	0	Matthiolia fruticulosa	3
Lotus arenarius	4	Matthiolia longipetala	3
Lotus conimbricensis	2	Medicago ciliaris	6
Lotus corniculatus	6	Medicago falcata	8
Lotus gebelia	6	Medicago intertexta	6
Lotus hispidus	1	Medicago laciniata	8
Lotus parviflorus	1	Medicago minima	7
Lupinus angustifolius	4	Medicago murex	6
Lupinus luteus	4	Medicago polymorpha	7
Lyciumin tricatum	1	Medicago radiata	5
Lygeum spartum	2	Medicago rigidula	6
Lythrum sp.	0	Medicago sativa	9
Malcolmia crenulata	1	Medicago sauvagei	6
Malcolmia patula	1	Medicago sulcata	8
Malva aegyptiaca	4	Medicago truncatula	7
Malva hispanica	4	Medicago turbinata	7
Malva neglecta	4	Melicajacquemontii	4
Malva parviflora	4	Melica persica	4
Malva rotundifolia	4	Melilot usindica	8
Malva sylvestris	4	Melilot ussulcata	6
Marrhubium vulgare	1	Mentha pulegium	0
Marrubium deserti	2	Mercurialis annua	0
Marrubium polydon	1	Merindera sp.	0

Micropus bombycinus	1
Minuartia sp.	0
Moenchia erecta	0
Morettia canescens	1
Muricaria prostrata	2
Muscari comosum	1
Muscari racemosum	1
Myriophyllum verticillatum	0
Myrtus communis	0
Narcissus viridiflorus	0
Nepeta persica	1
Nigella arvensis	0
Nigella deserti	0
Nigella unguicularis	0
Noaea mucronata	2
Nonnea vesicaria	1
Onobrychis cornuta	0
Onobrychis crista-galli	6
Onobrychis demiaca	6
Onobrychis peduncularis	4
Onobrychis sativa	8
Onobrychis squarrosa	7
Onobrychis teheranica	7
Ononis sp.	2
Ononis alopecuroides	2
Ononis cintrana	2
Ononis natrix	3
Ononis pendula	1
Ononis spinosa	1
Onopordon acanthium	0
Onopordon dissectum	0
Onopordon heterocanthum	1
Onosma sp.	0
Orchis sp.	0
Ormenis mixta	1
Ormenis praecox	0
Ornithogalum sp.	0
Ornithopus compressus	3
Ornithopus isthmocarpus	4
Orobanche sp.	0
Orobanche barbata	0
Orobanche ramosa	0
Orobanche sanguinea	0
Oryzopsis holciflora	5
Oryzopsis molinioides	4
Oxalis cernua	0
Pallenis spinosa	1
Panicum repens	6
Panicum sp.	7
Papaver arenarium	0
Papaver rhoeas	1
Parapholis incurva	1

Parentucellia viscosa	0	Plantago afra	0
Paronychia arabica	1	Plantago albicans	7
Paronychia argentea	1	Plantago coronopus	4
Paronychia caespitosa	1	Plantago lagopus	4
Paronychia echinata	1	Plantago lanceolata	4
Peganum harmala	0	Plantago ovata	7
Pennisetum orientale	5	Plantago psylium	3
Periballia minuta	2	Poa annua	6
Periploca laevigata	1	Poa bulbosa	5
Phagnalon saxatile	2	Poa nemoralis	3
Phalaris arundinacea	4	Poa pratensis	9
Phalaris bulbosa	8	Poa timoleontis	3
Phalaris caerulescens	9	Poa trivialis	8
Phalaris canariensis	8	Polycarpon tetraphyllum	0
Phalaris minor	6	Polygonum alpestre	0
Phalaris paradoxa	8	Polygonum apiculare	0
Phalaris tuberosa	5	Polygonum aviculare	0
Phleum phleoides	8	Polygonum bistorta	2
Phlomis sp.	1	Polygonum kordica	1
Pholiurus incurvus	1	Polygonum luzuloides	0
Phragmites australis	2	Polygonum thymifolium	0
Picris sp.	1	Polypogon alopecurus	2
Picris coronopifolia	3	Polypogon maritimus	2
Picris echioides	2	Polypogon monspeliensis	2
Pimpinella sp.	1	Polypogon semiverticillatus	6
Pistacia lentiscus	0	Potamogeton nodosus	0

Prangos ferulaceae	9
Primula auriculata	1
Prosopis staphania	0
Psathyrostachys fragilis	7
Psiliurus incurva	3
Pulicaria arabica	0
Pulicaria odora	0
Puschkinia scilloides	0
Pycnoclada spinosa	0
Pyrethrum sp.	2
Quercus ilex	1
Quercus lanigera	1
Quercus suber	1
Queria hispanica	0
Ranunculus sp.	0
Raphanus raphanistrum	2
Reichardia picroides	3
Reseda alba	1
Retama monosperma	1
Retama retam	2
Rhamnus palestinus	0
Rhus pentaphylla	0
Rochelia disperma	1
Roemeria hybryda	0
Romulea bulbocodium	0
Romulea engleri	0
Rosa sp.	0
Rosmarinus sp.	0
Rumex bucephalophorus	3
Rumex chalepensis	2
Rumex conglomeratus	2
Rumex crispus	1
Rumex dentatus	2
Rumex elbursensis	2
Rumex pulcher	3
Rumex ribes	2
Rumex roseus	2
Rumex tuberosus	2
Sagina linnaeis	0
Salicornia herbacea	4
Salsola arbuscula	3
Salsola azaurena	4
Salsola inermis	3
Salsola orientalis	5
Salsola sieberi	5
Salsola tomentosa	5
Salsola vermiculata	6
Salsola volkensii	3
Salvia sp.	1
Samolus velerandi	0
Sanguisorba minor	6
Sanguisorba officinalis	7
Saponaria orientalis	0
Scabiosa arenaria	2

Scabiosa atropurpurea	2	Senecio vulgaris	2
Scabiosa palaestina	2	Serapias lingua	0
Scabiosa stellata	2	Sesamoides canescens	0
Schismus arabicus	5	Shenopus divaricatus	1
Schismus barbatus	5	Sherardia arvensis	0
Schismus calycinus	4	Silene sp.	1
Scilla persica	0	Silybum marianum	1
Scirpus cernuus	2	Sinapis arvensis	4
Scirpus holoschenus	1	Sisymbrium reboudianum	3
Scirpus lacustris	0	Solanum sodomeum	0
Scirpus maritimus	2	Sonchus asper	3
Sclerocariopsis spinocarpos	2	Sonchus oleraceus	4
Scleropoa rigida	2	Sonchus sp.	2
Scolymus hispanicus	2	Sonchus oleraceus	4
Scolymus sp.	2	Sonchus tenerimus	3
Scorpium vermiculatus	3	Sophora alopecuroides	0
Scorpiurus muricatus	5	Spergularia diandra	0
Scorpiurus vermiculatus	5	Spergularia purpurea	0
Scorzonera laciniata	4	Stachys sp.	1
Scorzonera undulata	4	Stellaria koschyana	0
Scrofularia aquatica	0	Stipa barbata	2
Secale anatolicum	6	Stipa hohenacheriana	1
Sedum sp.	0	Stipa lagascae	3
Senecio erucifolius	0	Stipa orientalis	3
Senecio glaucus	0	Stipa parviflora	3
Senecio vernalis	0	Stipa plumosa	2

Stipa retorta	1	Trifolium arvense	6
Stipa tenacissima	1	Trifolium bocconei	6
Suaeda fruticosa	1	Trifolium campestre	6
Sysimbrium septulatum	2	Trifolium cherleri	6
Taeniatherum crinitum	4	Trifolium fragiferum	6
Taraxacum vulgare	4	Trifolium glomeratum	6
Tetragonolobus purpureus	4	Trifolium isthmocarpum	6
Teucrium fruticans	2	Trifolium lappaceum	6
Teucrium polium	1	Trifolium michelianum	6
Thapsia garganica	0	Trifolium parviflorum	6
Thevenotia persica	0	Trifolium pratense	9
Thymelaea microphylla	1	Trifolium repens	8
Thymus ciliatus	2	Trifolium resupinatum	7
Thymus fallax	2	Trifolium scabrum	4
Thymus marrocanus	2	Trifolium spumosum	6
Thymus syriacus	1	Trifolium squarrosum	4
Tolpis barbata	3	Trifolium stellatum	4
Torilis arvensis	2	Trifolium striatum	5
Torilis nodosa	2	Trifolium subterraneum	9
Torularia torulosa	3	Trifolium tomentosum	6
Tradacum vulgare	4	Trigonella sp.	4
Tragopogon collinus	4	Trisetaria flavescens	2
Tragopogon graminifolium	4	Trisetaria gaudinianum	1
Tribulus terrestris	1	Trisetaria linearis	1
Trichodes maincanum	0	Trisetaria panicea	3
Trifolium angustifolium	5	Trisetum rigidum	4

Tulipa sp.	0
Turgenia latifolia	0
Typha angustifolia	0
Urginea maritima	0
Urospermum picroides	3
Vaccaria pyramidata	1
Valeriana discoidea	0
Valerianella discoidea	0
Vella annua	0
Verbascum sp.	0
Verbena supina	1
Veronica anagalis-aquatica	0
Veronica persica	1
Vicia sp.	6
Vicia peregrina	7
Vicias ativa	8
Vulpia sp.	2
Withania frutescens	2
Xeranthemum inapertum	4
Ziziphora capitata	1
Ziziphora clinopodides	2
Ziziphora hispanica	2
Ziziphora tenuior	1

d'après Aidoud et al., 1982 ; Berkatin Chinigue, 1990 ; Deiri,1990 ; Safaian, 1980 ; Fouad Fennica,1990

Retour à la table des matières

Flore des régions du nord de la méditerranée

Aegilops ligustica	1	Alchemilla vulgaris	2
Aegilops millefolium	4	Alisma plantago	0
Aegilops odorata	1	Allium angulosum	0
Aegilops ptarmica	3	Allium vineale	0
Acorus calamus	0	Alopecurus bulbosus	5
Adenostyles alliariae	1	Alopecurus geniculatus	5
Aegilops ovata	1	Alopecurus gerardii	5
Aegopodium podagraria	3	Alopecurus pratensis	7
Aeluropus littoralis	2	Althaea sp.	0
Agropyrum acutum	4	Alyssum calycinum	0
Agropyrum caninum	2	Andropogon ischaemum	2
Agropyrum elongatum	4	Anemone nemorosa	0
Agropyrum repens	4	Anemone pulsatilla	0
Agrostis alba	6	Angelica sylvestris	1
Agrostis canina	5	Antenaria dioica	0
Agrostis castellana	6	Anthericum racemosum	0
Agrostis insularis	6	Anthoxanthum odoratum	2
Agrostis stolonifera	5	Anthriscus sylvestris	3
Agrostis vulgaris	6	Anthylis vulneraria	5
Aira sp.	1	Anthylis herniaria	5
Ajuga genevensis	0	Anthylis montana	2
Ajuga reptans	1	Aphyllanthes monspeliensis	2

Aquilegia vulgaris	0	Avena pubescens	6
Arenaria serpilifolia	0	Avena sterilis	2
Argyrolobium linneanum	1	Avena versicolor	2
Armeria maritima	2	Bellis perennis	1
Armeria vulgaris	0	Betonica officinalis	0
Arnica montana	0	Bonjeania hirsuta	0
Arrhenatherum elatius	8	Brachypodium distachium	1
Artemisia campestris	0	Brachypodium phoenicoides	1
Artemisia maritima	0	Brachypodium pinnatum	2
Asparagus acutiflorus	0	Brachypodium ramosum	2
Asperulac ynanchica	1	Brachypodium sylvaticum	2
Asphodelus cerasifer	0	Briza maxima	2
Asphodelus microcarpus	0	Briza media	2
Aster alpinus	0	Briza minor	2
Aster tripolium	3	Bromus catharticus	8
Astragalus alpinus	5	Bromus erectus	5
Astragalus campestris	0	Bromus fasciculatus	2
Astragalus danicus	5	Bromus inermis	4
Astragalus lapponicus	0	Bromus madritensis	2
Astragalus leontinus	5	Bromus mollis	2
Astragalus monspessulanus	1	Bromus racemosus	3
Astragalus triflorus	0	Bromus squarrosus	2
Avena barbata	2	Bromus sterilis	1
Avena bromoides	4	Bromus wildenowii	2
Avena montana	4	Brunella alba	0
Avena pratensis	6	Brunella laciniata	0

Brunella vulgaris	1	Carex divulsa	1
Bunium bulbocastanum	0	Carex dystachia	2
Bupleurum baldense	0	Carex echinata	0
Bupleurum rigidum	0	Carex elata	0
Buxus sempervirens	0	Carex flacca	1
Calamagrostis canescens	2	Carex fusca	0
Calamgrostis epigeios	2	Carex glauca	2
Calamintha acinos	0	Carex gracilis	0
Calluna vulgaris	0	Carex halleriana	3
Caltha palustris	0	Carex hirta	2
Campanula barbata	1	Carex hostiana	2
Campanula glomerata	2	Carex humilis	3
Campanula patula	2	Carex inflata	0
Campanula rhomboidalis	1	Carex intricata	1
Campanula rotundifolia	2	Carex leporina	1
Capsella bursa-pastoris	1	Carex longiseta	1
Cardamine pratensis	2	Carex montana	1
Carduncellus mitissimus	0	Carex nigra	1
Carex acutiformis	0	Carex ovalis	2
Carex canescens	1	Carex pallescens	1
Carex caryophyllea	1	Carex panicea	2
Carex contigua	1	Carex pilulifera	0
Carex davelliana	0	Carex pulicaria	1
Carex demissa	0	Carex riparia	1
Carex distans	0	Carex sempervirens	1
Carex divisa	1	Carex spicata	2

Carex vesicaria	0
Carex vulpiana	0
Carlina acanthifolia	0
Carlina acaulis	0
Carlina vulgaris	0
Carum carvi	4
Carum verticillatum	0
Catamanche caerulea	0
Centaurea jacea	2
Centaurea nigra	2
Centaurea pectinata	1
Centaurea phrugia	1
Centaurea pratensis	2
Centaurea scabiosa	1
Centranthus calcitrapa	0
Cephalaria leucantha	2
Cerastium arvense	1
Cerastium caespitosum	1
Cerastium fontanum	0
Cerastium holosteoides	1
Cerastium pumilium	0
Cerastium triviale	0
Chaerophyllum hirsutum	0
Chrysanthemum leucanthemum	2
Cichorium intybus	2
Cicuta virosa	0
Cirsium acaule	0
Cirsium arvense	0
Cirsium dissectum	1
Cirsium lanceolatum	0
Cirsium oleraceum	3
Cirsium palustre	0
Cirsium rivulare	1
Cirsium vulgare	0
Cistus sp.	0
Clematis sp.	0
Colchicum automnale	0
Comarum palustre	2
Convolvulus arvensis	2
Convolvulus cantabricus	2
Convolvulus lineatus	0
Convolvulus sepium	0
Coronilla minima	4
Coronilla varia	2
Crepis aurea	2
Crepis biennis	3
Crepis blattaroides	2
Crepis mollis	3
Crepis paludosa	3
Crepis pontana	2
Crepis taraxassifolia	3
Crepis vesicaria	3

Crepis virens	5	Elytrigia repens	5
Cuscuta epithymus	0	Epilobium palustre	1
Cynodon dactylon	4	Equisetum sp.	0
Cynosurus cristatus	2	Erica sp.	0
Cynosurus echinatus	1	Erigeronacer	1
Cynosurus elegans	1	Eriophorum sp.	1
Cytisus purgens	0	Eryngium campestre	0
Cytisus sessilifolius	1	Eupatorium canabinum	0
Dactylis glomerata	10	Euphorbia sp.	0
Daphne cneorum	0	Euphrasia sp.	0
Daucuscarota	2	Festuca arundinacea	8
Denthonia decumbens	2	Festuca diuruscula	2
Deschampsia caespitosa	0	Festuca fallax	4
Deschampsia flexuosa	2	Festuca glauca	2
Deschampsia media	1	Festuca lemanii	2
Dianthus caryophyllus	0	Festuca longifolia	4
Dorocnium suffructicosum	3	Festuca ovina	2
Dorycnium pentaphyllum	3	Festuca paniculata	2
Draba verna	0	Festuca pratensis	10
Drosera rotundifolia	0	Festuca rubra	4
Echium vulgare	0	Festuca violacea	3
Eleocharis palustris	3	Filago spathula	0
Eleocharis uniglumis	2	Filipendula hexapetala	1
Elymus repens	2	Filipendula ulmaria	1
Elyna myosuroides	1	Fragaria vesca	0
Elytrigia pungens	1	Fritilaria sp.	0

Fumana corridifolia	0	Geranium pratense	1
Fumana procumbens	0	Geranium robertianum	0
Fumaria officinalis	0	Geranium silvaticum	1
Galium asperum	0	Geum montanum	1
Galium boreale	1	Geum rivale	1
Galium corrudaefolium	0	Glaux maritima	2
Galium debile	0	Glaux maxima	2
Galium hercynicum	1	Glechoma herdercea	0
Galium mollugo	2	Globularia elongata	1
Galium palustre	2	Globularia vulgaris	0
Galium parisiense	1	Glyceria festucaeformis	2
Galium saxatile	2	Glyceria fluitans	4
Galium uliginosum	1	Glyceria maxima	4
Galium verum	2	Gnaphalium silvaticum	0
Gaudiniafragilis	2	Gymnadenia conopea	0
Genista anglica	0	Heleborus foetidus	0
Genista germanica	0	Helianthemum apenninum	0
Genista hispanica	1	Helianthemum canum	0
Genista pilosa	3	Helianthemum chamaecystus	0
Genista sagittalis	0	Helianthemum montanum	0
Genista scorpius	0	Helianthemum ovatum	0
Genista tinctoria	0	Helianthemum vulgaris	0
Gentiana sp.	0	Helichrysum angustifolium	0
Geranium dissectum	0	Helichrysum stoechas	0
Geranium molle	1	Hepatica triloba	0
Geranium palustre	1	Heracleum sphondylium	2

Hieracium auricula	1	Juncus gerardii	3
Hieracium lachenali	1	Juncus inflexus	0
Hieracium laevigatum	1	Juncus lamprocarpus	1
Hieracium pilosella	0	Juncus maritimus	0
Hieracium umbellatum	0	Juncus squarrosus	0
Hierochloe odorata	2	Juncus subnodulosus	0
Hippocrepis comosa	4	Juncus subulatus	3
Holcus lanatus	4	Juniperus communis	0
Holcus mollis	2	Knautia arvensis	2
Homogyne alpina	1	Koeleria cristata	2
Hordeum maritimum	2	Koeleria gracilis	2
Hordeum murinum	3	Koeleria phleoides	3
Hordeum nodosum	8	Koeleria pyramidata	2
Hydrocotyle vulgaris	0	Koeleria valesiana	2
Hypericum sp.	0	Koeleria villosa	2
Hypochoeris radicata	1	Lactuca perennis	2
Hyppocrepis comosa	4	Lactuca scariola	2
Inula montana	0	Lagoseris sancta	2
Inula salicina	1	Lagurus ovatus	2
Iris sp.	0	Laserpitium halleri	1
Juncus acutiflorus	0	Laserpitiuml atifolium	1
Juncus articulatus	2	Lathyrus angulatus	3
Juncus bufonius	0	Lathyrus aphaca	4
Juncus conglomeratus	1	Lathyrus cicera	3
Juncus effusus	1	Lathyrus clumenum	3
Juncus filiformis	0	Lathyrus hirsutus	4

Lathyrus latifolius	5	Lotus corniculatus	7
Lathyrus montanus	6	Lotus cytisoides	4
Lathyrus nissolia	0	Lotus hispidus	4
Lathyrus palustris	6	Lotus ornithopoides	4
Lathyrus pratense	6	Lotus parviflorus	4
Lathyrus sphaericus	4	Lotus siliquosus	6
Lathyrus sylvestris	2	Lotus tenuis	4
Lathyrus tuberosus	3	Lotus tenuis	4
Lathyrus venetus	4	Lotus uliginosus	6
Leontodon automnalis	4	Lupinus luteus	2
Leontodon hispidus	4	Lupinus micranthus	2
Leontodon nudicaulis	2	Luzulac ampestris	1
Leontodon pyrenaicus	1	Luzula multiflora	1
Leontodon taraxacoides	4	Luzula pediformis	1
Lepturus filiformis	1	Luzula vulgaris	1
Lepturus incurvatus	1	Lychnis flos-cuculi	2
Leuzea conifera	0	Lycopus europaeus	2
Ligusticum mutellinoides	1	Lysimachia nummularia	1
Linaria vulgaris	0	Lysimachia vulgaris	1
Linum catharticum	1	Lythrum salicaria	1
Linum tenuifolium	0	Malva sp.	2
Listera ovata	0	Medicago arabica	4
Lolium multiflorum	10	Medicago coronata	4
Lolium perenne	10	Medicago falcata	6
Lonicera sp.	0	Medicago littoralis	4
Lotus angustissimus	4	Medicago lupulina	7
Lotus conimbricensis	4		

Medicago minima	5	Nardus stricta	0
Medicago murex	4	Obione portulacoides	6
Medicago orbicularis	5	Oenanthe sp.	0
Medicago polycarpa	5	Onobrychis montana	7
Medicago polymorpha	7	Onobrychis sativa	8
Medicago praecox	4	Onobrychis supina	4
Medicago rigidula	5	Onobrychis viciifolia	7
Medicago sativa	9	Ononis minutissima	1
Medicago tribuloides	4	Ononis pusilla	1
Medicago truncatula	4	Ononis repens	0
Medicago turbinata	4	Ononis spinosa	1
Melampyrum pratense	0	Ononis striata	2
Melandryum rubrum	2	Onosma echioides	0
Melica ciliata	1	Ophrys sp.	0
Melilotus albus	4	Orchis sp.	0
Melilotus sulcatus	1	Origanum vulgare	1
Menianthes trifoliata	0	Ornithogalum umbellatum	0
Mentha aquatica	0	Ornithopus compressus	2
Mentha arvensis	0	Ornithopus perpusillus	2
Meum athamanticum	4	Ornithopus pinnatus	2
Molinia coerulea	2	Oxytropis campestris	2
Muscari sp.	0	Parnassia palustris	0
Myosotis alpestris	2	Pastinacea sativa	1
Myosotis collina	0	Pedicularis palustris	0
Myosotis palustris	2	Petasites hybridus	0
Narcissus sp.	0	Peucedanum carviflora	3

Peucedanum sp.	0	Plantago major	3
Peucedanum palustre	2	Plantago maritima	3
Phalaris arundinacea	5	Plantago media	2
Phalaris bulbosa	8	Plantago montana	2
Phalaris canariensis	3	Plantago serpentina	1
Phalaris nodosa	8	Platantherabifolia	0
Phleum alpinum	1	Poa alpina	3
Phleum arenarium	2	Poa annua	6
Phleum boehmeri	4	Poa bulbosa	7
Phleum pratense	10	Poa chaixii	8
Phragmites australis	1	Poa compressa	5
Phragmites communis	1	Poa laxa	3
Phylleria angustifolia	0	Poa nemoralis	5
Phyteuma betonicaefolium	3	Poa palustris	5
Phyteuma michelii	2	Poa pratensis	8
Phyteuma nigrum	4	Poa supina	2
Phyteuma orbiculare	0	Poa trivialis	8
Picris echioides	4	Poa violacea	5
Picris hieracioides	4	Podospermum laciniatum	2
Pimpinella major	3	Polygala calcarea	1
Pimpinella saxifraga	1	Polygala vulgaris	1
Pinguicula vulgaris	0	Polygonatum sp.	0
Pirola minor	0	Polygonum amphibium	0
Plantago alpina	2	Polygonum aviculare	1
Plantagocoronopus	0	Polygonum bistorta	2
Plantago lanceolata	4	Polygonum hydropiper	0

Polygonum lapathifolium	0	Quercus coccifera	0
Polygonum maritimus	1	Quercus ilex	1
Polygonum mite	1	Quercus lanuginosa	2
Polygonum persicaria	1	Ranunculus sp.	0
Polygonum viviparum	1	Reichardia picrioides	3
Potentilla anglica	1	Rhamnus frangula	0
Potentilla anserina	1	Rhinanthus glaber	0
Potentilla aurea	1	Rhinanthus minor	0
Potentilla erecta	1	Rorippa amphibia	2
Potentilla grandiflora	1	Rorippa islandica	1
Potentilla reptans	1	Rosa sp.	0
Potentilla verna	1	Rubia peregrina	0
Primula farinosa	0	Rubus sp.	0
Primula veris	0	Rumex acetosa	3
Prunella grandiflora	0	Rumex acetosella	0
Prunella reptans	0	Rumex alpinus	2
Prunella vulgaris	0	Rumex conglomeratus	1
Prunus mahaleb	0	Rumex crispus	2
Prunus spinosa	0	Rumex hydrolipathum	1
Psoralea bitumosa	6	Rumex obtusifolius	1
Pteridium aquilinum	0	Sagina procumbens	0
Puccinella distans	7	Salvia pratensis	1
Puccinella maritima	7	Sanguinea procumbens	0
Pulicaria dysenterica	1	Sanguisorba minor	6
Pulicaria odora	0	Sanguisorba officinalis	7
Pulsatilla vulgaris	0	Sarothamnus scoparius	0

Satureja vulgaris	1	Sesleria uliginosa	1
Saxifraga granulata	2	Sieglinga decumbens	1
Scabiosa columbaria	2	Silaum silaus	1
Scabiosa lucida	2	Silene italica	0
Scherardia arvensis	0	Silene otites	0
Schoenus nigricans	0	Silene vulgaris	1
Scirpus maritimus	1	Sium lathifolium	0
Scirpus sylvaticus	1	Solanum dulcamara	0
Scleropoa rigida	1	Solidago virga-aurea	0
Scorpiurus subvilosus	4	Sonchus asper	2
Scorzonera hirsuta	2	Sonchus oleraceus	2
Scorzonera humilis	3	Spergularia marginata	2
Scrophularia sp.	0	Spergularia salina	2
Sedum sp.	0	Sporobolus pungens	2
Selinum carvifolium	4	Stachys officinalis	2
Senecio adonidifolius	0	Statice plantaginea	1
Senecio aquaticus	0	Stellaria graminea	1
Senecio erucifolius	0	Stellaria media	2
Senecio jacobaea	0	Stellaria palustris	1
Senecio paludosus	0	Stipa juncea	0
Senecio vu.garis	2	Stipa pennata	1
Seratula tinctoria	1	Stipa tortilis	0
Seseli elatum	1	Succisa pratensis	2
Seseli montanum	1	Symphytum officinale	1
Sesleria coerulea	2	Tanacetum vulgare	0
Sesleria insularis	2	Taraxacum levigatum	2

Taraxacum officinale	4	Trifolium lapaceum	3
Teucrium chamaedris	0	Trifolium ligusticum	3
Teucrium montanum	0	Trifolium maritimum	3
Teucrium polium	0	Trifolium medium	5
Thalictrum flavum	0	Trifolium michelianum	4
Thesium divaricatum	0	Trifolium micranthum	4
Thesium pratense	0	Trifolium montanum	6
Thrincia hirta	0	Trifolium nigrescens	4
Thymus serpyllum	1	Trifolium nivale	6
Thymus vulgaris	2	Trifolium ochroleucum	7
Tragopogon porifolius	4	Trifolium pratense	8
Tragopogon pratensis	3	Trifolium repens	8
Trifolium alpestre	3	Trifolium resupinatum	5
Trifolium alpinum	6	Trifolium scabrum	3
Trifolium angustifolium	4	Trifolium spadiceum	4
Trifolium arvense	2	Trifolium squamosum	4
Trifolium badium	5	Trifolium stellatum	2
Trifolium bocconei	2	Trifolium striatum	2
Trifolium campestre	5	Trifolium strictum	2
Trifolium cherleri	4	Trifolium subterraneum	8
Trifolium dubium	5	Trifolium suffocatum	3
Trifolium fragiferum	8	Trifolium thalii	4
Trifolium glomeratum	4	Trifolium tomentosum	3
Trifolium hirtum	2	Triglochin maritima	1
Trifolium hybridum	8	Triglochin sp.	0
Trifolium incarnatum	5	Trigonella monspeliaca	1

Trinia glauca	0	Vicia eutetrasperma	2
Trisetum baregense	6	Vicia gracilis	2
Trisetum flavescens	6	Vicia heterophylla	4
Trollius europaeus	0	Vicia hirsuta	5
Tussilago farfara	0	Vicia hybrida	5
Typha sp.	0	Vicia lathyroides	6
Urospermum dalechampsii	1	Vicia lutae	4
Urtica dioica	0	Vicia onobrychoides	6
Urtica urens	0	Vicia sativa cordata	6
Vaccinium sp.	0	Vicia sativa	7
Valeriana dioca	0	Vicia sepium	6
Valeriana officinalis	0	Vicia tetrasperma	3
Veronica arvensis	1	Viola canina	1
Veronica chamaedris	1	Viola palustris	1
Veronica officinalis	1	Viola rupestris	0
Veronica pratensis	1	Viola tricolor arvensis	0
Veronica serpylifolia	0	Viola tricolor subalpina	1
Veronica teucrium	0	Viscaria vulgaris	0
Vicia amphycarpa	4	Vulpia bromoides	0
Vicia angustifolia	6	Vulpia ciliata	1
Vicia atropurpurea	4	Vulpia dertonensis	2
Vicia bytinica	4	Vulpia ligustica	2
Vicia cracca	6	Vulpia myuros	2
Vicia disperma	2		

d'après Abreu Y Pidal ;Caviedes, 1977; Daget & Poissonet, 1969, 1971 ; Delpech, 1968 (cité par Vivier 1971) ; Dubost & Jouglet, 1976 ; Fischer, 1984 ; Gagnier, 19... ; Hubert, 1978 ; 1991; Janin, 1975; Joffre, 1976 ; Jouglet & Dorée, 198. ; Klapp et al., 1953 ; Klapp, 1956 ; Kruijne & De Vries, 1951 ; 1968 ; Magnanon, 1991; Poissonet & Thiault, 1978 ; Thialut, 1978 ; Volaire, 1989

Flore des régions sub-humides du Chili

Aegilops millefolium	2	Chaetantera microphylla	0
Aira caryophyllea	0	Cicendea quadrangularis	0
Alophia lahue	0	Cynosurus echinatus	2
Apium leptophyllum	0	Cyperus Eragrostis	0
Aristida longiseta	1	Danthonia californica	3
Astragalus berterianus	1	Danthonia collina	3
Avena barbata	2	Daucus carota	2
Bartschia latifolia	0	Dianthus prolifer	0
Briza maxima	4	Dichondra repens	0
Briza minor	1	Digitaria dilatata	4
Bromus mollis	2	Dioscorea humifusa	0
Calamagrostis argentea	4	Erodium bothrys	4
Cardamine chilensis	1	Erodium cicutarium	3
Cardoimea ramisissima	0	Erodium malacoides	4
Carduus pycnocephalus	0	Erodium moschatum	3
Carex bracteosa	2	Eryngium rostratum	0
Carthamus lanatus	0	Euphorbia sp.	0
Centaurea melitensis	0	Filago gallica	0
Centaurium sp.	0	Fortunatia biflora	0
Cerastium arvense	0	Fumaria media	0
Cerastium vulgatum	0	Geranium berterianum	0
Chaetantera ciliata	0	Gnaphalium vivavira	0

Hedipnois cretica	2	Massella exserta	1
Helenium glaucum	0	Matricaria matricarioides	0
Heleocharis sp.	0	Medicago arabica	6
Holcus lanatus	4	Medicago hispida	6
Hordeum berteroanum	2	Medicago maculata	6
Hordeum chiliense	2	Medicago polymorpha	6
Hordeum murinum	2	Melica violacea	1
Hosackia subpinnata	3	Mentha pulegium	0
Hypochaeris glabra	1	Microcala quadrangularis	0
Hypochoeris radicata	2	Micropsis nana	0
Hypochoeris trincioides	2	Microseris pygmaea	0
Juncus acuminatus	0	Nassella exerta	1
Juncus bufonius	0	Navarretia involucrata	0
Juncus imbricatus	0	Orthocarpus australis	0
Juncus microcephalus	0	Oxalis laxa	0
Koeleria phleoides	2	Oxalis micrantha	0
Lasthenia obtusifolia	0	Oxalis perdicaria	0
Leontodon nudicaulis	2	Paspalum dilatatum	4
Leotodon leysseri	1	Phalaris canariensis	8
Lepidium bipinnatifidum	0	Phalaris tuberosa	9
Leucheria viscida	0	Piptochaetium montevidense	3
Lolium multiflorum	7	Piptochaetium stipoides	3
Lolium rigidum	7	Plagiobothrys fulvus	0
Lolium temulentum	0	Plagiobothrys procunabens	0
Margyricarpus pinnatus	0	Plantago firma	0
Margyricarpus setosus	0	Plantago hispidula	1

Plantago lanceolata	4	Stipa laevissima	1
Poa annua	6	Stipa macinata	2
Polygonum aviculare	0	Stipa neesiana	3
Polypogon monspeliensis	2	Stipa speciosa	1
Ranunculus chilensis	0	Tolpis barbata	1
Raphanus sativus	1	Torilis nodosa	1
Rumex acetosella	0	Trichopetalum plumosum	0
Rumex sanguineus	0	Trifolium arvense	2
Scleranthus annus	0	Trifolium chilense	3
Senecio chilensis	0	Trifolium depauperatum	3
Senecio vulgaris	1	Trifolium filiforme	3
Sherardia arvensis	0	Trifolium glomeratum	4
Silene gallica	1	Trifolium subterraneum	8
Sisyrinchium graminifolium	0	TrisetoBromus hirtus	3
Soliva sesselis	0	Trisetum spicatum	1
Sonchus oleraceus	2	Tropaeolum gracile	0
Spergula arvensis	0	Verbascum virgatum	0
Spergularia media	0	Veronica anagalis-aquatica	0
Stachys allicaulis	0	Veronica peregrina	0
Stachys sideriticlades	0	Vulpia dertonensis	2
Stellaria media	0	Vulpia megalura	2
Stenandrium dulce	0		

d'après Ovalle, 1986 et *in lit*

Flore des pâturages de la vallée de Khoram-Roud - Iran

Achillea millefolium	4	Asperula glomerata	1
Aegilops crassa	1	Astragalus kirrindicus	1
Aegilops intermadium	1	Astragalus mollis	2
Aegilops leptaurum	1	Atriplex lasiantha	2
Aegilops longibracteatm	2	Avena barbata	4
Aegilops ovata	2	Boissiera squarrosa	3
Aegilops tauri	2	Bromus cappodecius	2
Aegilops tauschri	2	Bromus denthoniae	2
Aegilops umbellatum	1	Bromus gracillimus	2
Agropyron aucheri	2	Bromus japonicus	2
Agropyron tauri	2	Bromus lanceolatus	2
Agropyrum intermedium	4	Bromus madritensis	2
Agrostis stolonifera	5	Bromus scoparius	2
Alopecurus arundinaceus	2	Bromus squarrosus	2
Alyssum murale	1	Bromus tectorum	4
Arrhenatherum kotschyi	4	Bromus tomentellus	6

Campanula simplex	1	Heteranthelium piliferum	1
Carex stenophylla	1	Hordeum bulbosum	4
Chenopodium botrys	1	Hordeum glaucum	6
Cichorium intybus	2	Hordeum sativum	9
Crypsis schoenoides	1	Hordeum vulgare	6
Cynodon dactylon	5	Lallemantia iberica	1
Dactylis glomerata	9	Lathyrus sp.	4
Dianthus crinitus	2	Lepidium braba	2
Dianthus orientalis	2	Lepidium chalepensis	2
Ephedra procera	2	Lepidium perfoliatum	2
Equisetum arvense	4	Linum album	1
Eremopoa persica	1	Linum nodiflorum	1
Ferula sp.	2	Lolium perenne	9
Ferula pallaniferus	5	Lolium rigidium	3
Festuca arundinacea	5	Lotus corniculatus	6
Festuca ovina	4	Lotus gebelia	6
Fibigia suffruticosa	1	Malva neglecta	5
Fritillaria zagrica	1	Marrubium polydon	1
Geranium rotundifolium	2	Medicago radiata	5
Glyceria plicata	1	Medicago satica	9
Gypsophyla aectioides	1	Melica jacquemontii	4
Gypsophyla cerifolia	1	Melica persica	4

Nepeta persica	1	Rumex ellursensis	2
Onobrychis sativa	8	Rumex ribes	2
Onobrychis teheranica	7	Rumex roseus	2
Oryzopsis holcifera	4	Rumex tuberosus	2
Parenchia caespitosa	1	Salvia acetabulosa	1
Phalaris minor	3	Salvia glutinosa	1
Phlomis bruguieri	1	Salvia hydrangea	1
Phlomis orientalis	1	Salvia nemorosa	1
Phlomis pungens	1	Sanguisorba minor	7
Plantago lanceolata	4	Silena aucheriana	1
Poa bulbosa	3	Silena chloraefolia	1
Poa timoleontis	3	Silena commelinaefolia	1
Polygonum bistorta	2	Silena eremicana	1
Polygonum kordica	1	Silena geniocaula	1
Polypogon alopecurus	2	Silena kerneri	1
Polypogon maritimus	2	Silena manissadjani	1
Prangos ferulacea	9	Silena racemosa	1
Primula auriculata	1	Silena vertiaefolia	1
Pyrethrum sp.	3	Silena virginica	1
Rumex chalepensis	2	Stachys inflata	1
Rumex conglomeratus	2	Stachys lavandulifolia	1
Rumex dentatus	2	Stipa barbata	2

Stipa barbata	2
Stipa hchenacheriana	1
Taeniatherum crinitum	4
Taraxacum vulgare	4
Teucrium polium	1
Tradacum vulgare	4
Tragopogon collinus	4
Trifolium sp.	6
Trigonella arcuata	4
Trisetaria gaudinianum	1
Triticum sativum	9
Veronica persica	1
Vicia peregrina	7
Ziziphora clinopodides	2
Ziziphora tenuior	1

Extrait de N, Safaian, 1980

Flore de l'île de Pâques

Agrostis filiformis	2
Anoxus paschalis	1
Cynodon dactylon	4
Digitaria sanguinalis	2
Eragrostis elongata	8
Killinga brevifolia	1
Paspalum scrobiculatum	1
Sonchus oleraceus	2
Sporolobus indicus	4
Stipa horridula	2
Taraxacum officinale	4

d'après Etienne et al., 1982

Flore des régions tropicales africaines

Abutilon figarianum	1	Andropogon africanus	3
Abutilon fruticosum	2	Andropogon ascinodis	3
Acacia ataxacantha	1	Andropogon canaliculatus	4
Acacia etbaica	1	Andropogon fastigiatus	2
Acacia macrostachya	1	Andropogon gayanus	5
Acacia mellifera	2	Andropogon pseudapricus	2
Acacia nilotica	3	Andropogon schirensis	3
Acacia nubica	1	Anogeissus leiocarpus	1
Acacia pennata	2	Anticharis linearis	1
Acacia raddiana	4	Aristida adscensionis	2
Acacia senegal	4	Aristida funiculata	5
Acacia seyal	5	Aristida mutabilis	3
Acacia tortilis	2	Aristida sieberana	1
Acalypha fruticosa	1	Ascolepis elata	1
Acalypha indica	1	Azadirachta indica	1
Acanthospermum hispidum	0	Aristida adscensionis	2
Achyranthes aspera	1	Aristida funiculata	5
Adansonia digitata	3	Aristida mutabilis	3
Aerva javanica	3	Aristida sieberana	1
Alternanthera repens	1	Asclepia sp	0
Alysicarpus ovalifolius	3	Ascolepis elata	1
Amaranthus sp	0	Azadirachta indica	1

Balanithes aegyptica	4	Cenchrus biflorus	3
Barleria acathoides	2	Cenchrus ciliaris	4
Barleria eranthemoides	2	Cenchrus prieuri	3
Barleria quadrispina	1	Cenchrus setigerus	3
Bauhinia rufescens	4	Ceratotheca sesamoides	1
Beckeropsis uniseta	5	Chloris pilosa	4
Blepharis persica	3	Chloris prieuri	5
Boeharavia diffusa	3	Cissus sp.	
Boeharavia erecta	3	Citrullus lanatus	0
Boeharavia repens	3	Cleome tenella	4
Bombax castanum	1	Cleome viscosa	4
Borreria filifolia	0	Chrysopogon paspischili	4
Borreria radiata	1	Chrysopogon plumulosus	4
Borreria stachydea	1	Cochlospermum planchonii	0
Boscia senegalensis	2	Cochlospermum tinctorium	0
Bracharia brizantha	5	Coelachyrium poreifolium	1
Bracharia deflexa	2	Colochyntis citrullus	1
Bracharia distichophylla	3	Colochyntis vulgaris	2
Bracharia xantholeuca	5	Combretum aculeatum	4
Brachiaria jubata	3	Combretum glutinosum	1
Cadaba farinosa	3	Combretum micranthum	1
Cadaba rotundifolia	1	Combretum nigricans	1
Calotropis procera	0	Commelia forskalaei	5
Cassia mimosoides	2	Commicarpus sp	1
Cassia nigricans	1	Corchorus olitorius	2
Cassia obtusifolia	0	Corchorus tridens	1

Cordia sp	2
Cordia sinensis	3
Crotalaria sp.	2
Ctenium elegans	1
Ctenium newtonii	2
Cucumis melo	3
Cucumis prophetarum	1
Cymbopogon giganteus	0
Cymbopogon proximus	0
Cymbopogon schoenanthus	1
Cynodon dactylon	3
Cyperus distans	1
Cyperus esculentus	1
Cyperus haspan	1
Cyperus rotundus	3
Cyperus zollingeri	1
Dactyloctenium aegyptium	5
Dactyloctenium scindicum	4
Dalbergia melanoxylon	3
Dichrostachys cinerea	4
Digitaria debilis	3
Digitaria gayana	5
Digitaria horizontalis	3
Digitaria longiflora	4
Digitaria scalarum	5
Digitaria velutina	5
Diheteropogon amplectens	2
Diheteropogon hagerupii	2
Dinebra retroflexa	4
Dobera glabra	2
Echinochloa colona	4
Echinochloa rostrata	3
Echinochloa stagina	5
Eleusine indica	3
Elionurus elegans	1
Elionurus hirtifolius	3
Enneapogon cenchroides	5
Entada africana	2
Enteropogon rupestris	4
Eragrostis aspera	3
Eragrostis cilianensis	2
Eragrostis ciliaris	3
Eragrostis gangetica	3
Eragrostis ligulata	2
Eragrostis pobeguienii	3
Eragrostis tenella	2
Eragrostis tenuifolia	3
Eragrostis tremula	3
Eucalyptus camaldulensis	1
Euphorbia glomerifera	2
Euclasta condylotricha	3
Faidherbia albida	5

Fagonia cretica	1	Hyparrhenia smithiana	3
Feretia apodanthera	3	Hyparrhenia subplumosa	3
Fimbristyllis dichotoma	1	Hyparrhenia welwitschii	3
Fimbristyllis hispidula	1	Hyptis spicigera	0
Furinea umbellata	1	Imperata cylindrica	2
Gardenia ternifolia	1	Indigofera aspera	3
Gisekia pharmacoides	5	Indigofera astragalina	2
Grewia bicolor	1	Indigofera diphylla	3
Grewia cissoides	0	Indigofera hirsuta	3
Grewia schweinfurthii	2	Indigofera nigratana	3
Grewia tenax	2	Indigofera senegalensis	3
Grewia villosa	2	Indigofera schimperi	2
Guiera senegalensis	4	Ipomaea aegyptiaca	2
Hackelochloa granularis	3	Ipomaea hederifolia	2
Heteropogon contortus	1	Ipomaea eriocarpa	1
Hibiscus aponeurus	2	Ipomaea pes-tigritis	2
Hibiscus asper	1	Ipomaea vagans	2
Hibiscus sabdarifera	1	Jardinea congoensis	3
Hyperthelia dissoluta	3	Justicia flava	2
Hyparrhenia bracteata	4	Kohautia senegalensis	3
Hyparrhenia cyanescens	3	Kyllinga bulbosa	1
Hyparrhenia diplandra	4	Kyllinga odorata	1
Hyparrhenia filipendula	3	Kyllinga Welwitchii	1
Hyparrhenia involucrata	3	Lannea acida	1
Hyparrhenia rufa	4	Leersia hexandra	3

Lepidagatis anobrya	2
Lepidagathis scariosa	1
Leptadenia pyrotechnica	1
Leucas inflata	1
Leucas jamesii	1
Leucas martinicensis	0
Limeum pterocarpum	3
Lintonia nutans	3
Loudetia arundinacea	3
Loudetia kagerensis	2
Loudetia phragmitoides	3
Loudetia simplex	2
Loudetia togoensis	1
Loudetiopsis kerstingii	2
Melhania ovata	2
Melinis minutiflora	3
Merremia pinnata	3
Merremia tridentata	5
Microchloa indica	2
Mollugo cerviana	3
Mollugo nudicaulis	4
Monocymbium ceresiiforme	3
Mollugo verticillata	3
Monsonia senegalensis	5
Nasaea erecta	3
Ocimum sp	1
Oryza barthii	4
Oryza longistaminata	4
Panicum frederici	5
Panicum griffonii	3
Panicum humile	5
Panicum laetum	4
Panicum maximum	3
Panicum phragmitoides	5
Paspalum orbiculare	3
Paspalum paniculatum	3
Pavonia zeylanica	1
Pennisetum hordeoides	3
Pennisetum pedicellatum	3
Pennisetum polystachyon	2
Pennisetum purpureum	3
Peristrophe bicalyculata	2
Pennisetum polystachyon	2
Pennisetum purpureum	3
Polycarpaea linearifolia	2
Portulaca foliosa	1
Portulaca oleracea	1
Prosopis africana	3
Pteridium aquilinum	0
Pterocarpus lucens	3

Pycreus uniloides	1	Spermacocea verticillata	3
Rhynchosia minima	1	Sporolobus pyramidalis	3
Rhynchelytrum repens	3	Sterculia setigera	1
Rottboellia cochinensis	3	Striga hermontheca	
Schizachyrium brevifolium	3	Strychnos spinosa	1
Schizachyrium exile	2	Tephrosia linearis	3
Schizachyrium nodulosum	1	Tephrosia purpurea	2
Schizachyrium platyphyllum	4	Tephrosia pedicellata	1
Schizachyrium sanguineum	3	Tragus bertheronianus	5
Schoenfeldia gracilis	3	Tragus racemosus	5
Sclerocharya birrea	2	Tribulus terrestris	2
Sesbania pachycarpa	3	Trichoneura mollis	2
Setaria barbata	3	Triumfetta petandra	2
Setaria megaphylla	3	Urelytrum thyrsioides	3
Setaria pallidefusca	2	Urginea indica	1
Setaria sphacelata	4	Vernonia pauciflora	0
Sida alba	0	Vossia cuspidata	3
Sorghastrum bipennatum	4	Waltheria indica	1
Spermacocea chaetocephala	3	Ziziphus mauritanica	2
Spermacocea radiata	4	Zornia glochidiata	4

d'après Corra, 1981 ; Corra & Le Floc’h, 1982 ; Coulibaly, 1979 ; Kreis, 1988 et Kreis et al., 1989 ; Rippstein, 1984 ; von Maydell, 1983 ; Poissonet & Touré, 1988 ; Poissonet, 1990, 1993 ; Zoungrana 1993

Flore des hauts plateaux de Mongolie

Aegilops acuminata	1	Androsacea incana	1
Achnatherum sibiricum	5	Androsacea longifolia	1
Achnatherum splendens	1	Anemarrhena asphodeloides	0
Adenophora coronopifolia	1	Aneurolepidium chinense	3
Adenophora pereskiitolia	1	Arabis hirsuta	1
Adenophora stenanthina	1	Artemisia annua	3
Agriophyllum squarrosum	1	Artemisia commutata	3
Agropyron cristatum	5	Artemisia dracunculus	0
Agropyron fragile	4	Artemisia eriopoda	2
Agropyron mongolicum	4	Artemisia frigida	4
Agrostis alba	6	Artemisia gmelinii	1
Ajania achilleoides	1	Artemisia intermongolica	2
Allium anisopodium	2	Artemisia japanica	0
Allium bidentatum	2	Artemisia laciniata	1
Allium condensatum	0	Artemisia palustris	1
Allium ledebourianum	0	Artemisia scoparia	3
Allium mongolicum	1	Artemisia sieversiana	0
Allium polyrrhizum	1	Asparagus sp.	0
Allium ramosum	2	Aster alpinus	1
Allium senescens	2	Astragalus adsurgens	3
Allium tenuissimum	2	Astragalus galactites	5
Alyssum lenense	1	Astragalus melilotoides	6

Astragalus mongolicus	5	Ferula bungeana	1
Astragalus scaberimus	5	Festuca dahurica	5
Astragalus tataricus	4	Filifoium sibiricum	2
Atraphasis bracteata	1	Galium boreale	0
Axiris sp.	1	Galium verum	3
Bromus inermis	5	Gentiana dahurica	0
Bupleurum scorzonerifolia	2	Gentiana squarrosa	0
Caragana microphylla	4	Geranium dahuricum	1
Carex diuruscula	3	Geranium eriostem	1
Carex korshinskyi	3	Geranium pratense	1
Carex pediformis	3	Geranium wlassowianum	1
Carex stenophylloides	3	Glaux maritima	2
Chenopodium album	3	Glycyrrhiza uralensis	1
Chenopodium aristatum	3	Gueldanstaedtia stenophylla	4
Cymbarya dahurica	2	Gypsophylla dahurica	1
Dianthus chinensis	1	Halerpestes ruthenica	0
Dianthus superbus	2	Haplophyllum dahuricum	2
Dontostemon eglandulosus	1	Hedysarym brachypterum	3
Dontostemon micranthus	2	Hedysarym fruticosum	3
Draba nemorosa	0	Hedysarym gmelinil	5
Echinops sp.	0	Helictotrichon schelliamum	5
Eritrichum sichotense	1	Hemerocallis minor	2
Erodium staphanianum	2	Heteropappus altaicus	3
Erysimum sp.	0	Iris sp.	0
Euphorbia sp.	0	Ixeris chinensis	1

Lappula redowskii	1	Micropeplis arachnoidea	1
Kalidium foliatum	0	Neopallasia pectinata	2
Kobresia bellardii	1	Nitraria sibirica	0
Kochia prostrata	5	Olgea leucophylla	0
Koeleria cristata	5	Orchis sp.	0
Lactuca sibirica	3	Oieistogenes squarrosa	5
Lagochilus ilicifolius	1	Orostachys fimbriatus	2
Lappula myosotis	1	Orostachys malacophyllus	2
Lathyrus quinquenervus	4	Oxytropis aciphylla	0
Leibnitzia anandria	1	Oxytropis ciliata	3
Leontopodium leontopodioides	2	Oxytropis coerulea	3
Lepidium apetalum	1	Oxytropis filiformis	3
Lespedeza dahurica	5	Oxytropis grandiflora	4
Lespedeza hedizaroides	4	Oxytropis leptophylla	2
Lilium sp.	0	Oxytropis microphylla	3
Limonium bicolor	1	Oxytropis myriophylla	3
Linum perenne	3	Oxytropis psammocharis	2
Linum stelleroides	1	Oxytropis ochrantha	2
Medicago sativa	5	Parnassia palustris	0
Melandrium apricum	2	Pedicularis sp.	0
Melandryum brachypetalum	2	Phlomis mongolica	1
Melilotus dentatus	5	Phragmites australis	2
Melilotus suaveolens	5	Plantago asiatica	1
Melissitus ruthenia	5	Plantago maritima	2
Mentha dahurica	0	Plantago depressa	1

Poa angustifolia	5	Pulsatille tenuilobia	3
Poa argunensis	5	Puccinellia distans	1
Poa attenuata	5	Puccinellia tenuiflora	1
Poa pratensis	5	Pulsatilla sp.	0
Poa subfastigiata	2	Ranunculus sp.	0
Polygala tenuifolia	3	Rhaponticum uniflorum	0
Polygonum alpinum	0	Ribes pulchellum	1
Polygonum aviculare	1	Salix sp.	0
Polygonum divaricatum	2	Salsola collina	3
Polygonum lapatifolium	0	Salsola passerina	2
Polygonum sibiricum	0	Sanguisorba officinalis	4
Polygonum viviparum	0	Saposhnikovia divaricata	2
Potentilla acaulis	2	Saussurea acuminata	1
Potentilla anserina	1	Saussurea glomerata	0
Potentilla betonicaefolia	2	Sausurea japonica	2
Potentilla bifurca	2	Saussurea runcinata	0
Potentilla leucophylla	1	Saussurea salicifolia	0
Potentilla nudicaulis	2	Scabiosa tschiliensis	3
Potentilla tanacetifolia	2	Schizonepeta multifida	1
Potentilla verticillaris	2	Schizonepeta tenuifolia	2
Primula sp.	0	Scorzonera albicaulis	2
Prunus sibirica	1	Scorzonera austriaca	3
Ptilotrioum canescens	1	Scorzonera divaricata	3
Ptilotrioum crenatum	1	Scorzonera pseudodivaricata	3
Ptilotrioum elongatum	2	Scutellaria baikalensis	1

Scutellaria galericulata	1	Thymus serpyllum	1
Scutellaria scordiifolia	2	Tribulus terrestris	0
Sedum aizoon	2	Trifolium maritimum	5
Senecio integrigolius	1	Triglochin maritimum	0
Serratula centauroides	1	Trollius asiaticus	0
Setaria viridis	2	Ulmus pumila	1
Sibbaldia adpressa	2	Urtica canabina	0
Silene ieneisseensis	2	Uxytropis myriophylla	5
Silene repens	1	Veronica incana	2
Spacellocarpus gracilis	1	Veronica linerifolia	1
Spiraea aquilegifolia	2	Veronica longifolia	2
Stellaria chamaejasme	0	Veratrum nigrum	0
Stellaria crassifolia	1	Vicia sp.	4
Stipa baicalensis	2	Viola sachalinensis	2
Stipa bungeana	1	Youngia stenoma	1
Stipa breviflora	1	Taraxacum sp.	4
Stipa glareosa	1	Thlaspi cochleariforme	1
Stipa gobica	1	Thalictrum minus	0
Stipa grandis	2	Thalictrum petaloideum	2
Stipa krylovii	2	Thalictrum squarrosum	2
Suaeda glauca	1	Thermopsis lanceolata	0
Swainsonia salsula	2	Thymus chinensis	1
Takaikatzuchia lomonossowii	2	Thymus mongolica	1

d'après Poissonet, Li, Jiang & Godron, 1990 ; Li, 1991 ; Li Yong Hong, 1991

Flore des pâturages de l'Uruguay

Adesmia bicolor	4	Bowlesia incana	1
Adesmia incana	2	Briza minor	1
Adesmia latifolia	4	Briza subaristata	1
Adesmia punctata	2	Bromus auleticus	5
Agrostis montevidensis	2	Bromus catharticus	5
Alophia amoena	1	Bromus mollis	1
Andropogon lateralis	1	Calamagrostis alba	2
Andropogon selloanus	2	Carex sp.	2
Andropogon ternatus	3	Cenchrus echinatus	2
Apium leptophyllum	1	Cenchrus pauciflorus	2
Arachis prostrata	2	Chloris cantarae	2
Aristida murina	2	Chloris grandiflora	1
Aristida uruguayensis	3	Coelorhachis selloana	3
Aristida venustula	1	Conyza bonariensis	1
Axonopus affinis	3	Cynodon dactylon	1
Axonopus argentinus	2	Cyperus Eragrostis	1
Axonopus compressus	3	Cyperus reflexus	1
Borreria fastigiata	1	Desmanthus depressus	2
Botriochloa imperatoides	2	Desmodium canum	3
Botriochloa laguroides	2	Digitaria sanguinalis	3
Bouteloua megapotamica	1	Echinochloa colona	4

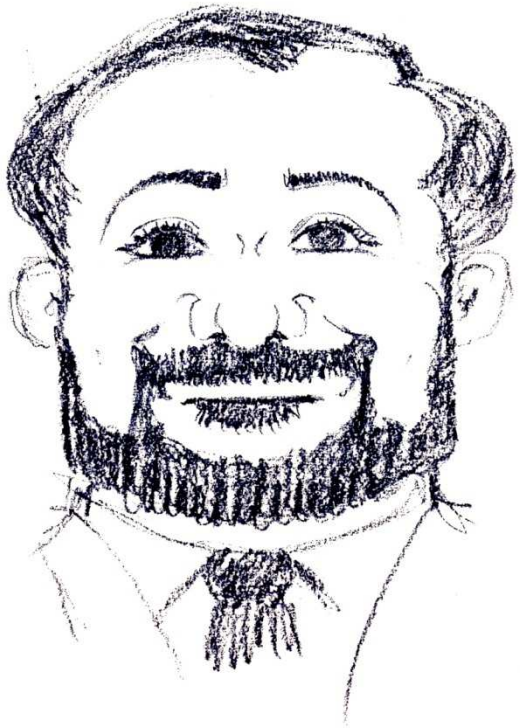
Echinochloa crus-galli	4	Lolium multiflorum	5
Echinochloa crus-pavonis	4	Lotus corniculatus	5
Eleocharis bonariensis	1	Medicago arabica	4
Eleusine tristachuya	1	Medicago minima	2
Eragrostis airoides	2	Medicago polymorpha	4
Eragrostis bahiensis	2	Melica brasiliana	2
Eragrostis lugens	1	Melica rigida	2
Eragrostis neesii	1	Melica scabra	0
Erianthus angustifolius	1	Microchloa indica	1
Eriochloa montevidensis	3	Panicum bergii	2
Eupatorium subhastatum	1	Panicum capillare	2
Eustachys bahiensis	2	Panicum demissum	2
Eustachys uliginosa	3	Panicum miliodes	3
Festuca arundinacea	5	Panicum sabulorum	2
Galactia marginalis	1	Paspalum dilatatum	5
Hidrocotyle bonariensis	1	Paspalum distichum	2
Holcus lanatus	3	Paspalum indecorum	3
Hordeum pusillum	1	Paspalum nicorae	2
Hordeum stenostachys	3	Paspalum notatum	3
Juncus capillaceus	1	Paspalum pauciciliatum	4
Koeleria phleoides	1	Paspalum plicatum	3
Lathyrus crassipes	3	Paspalum proliferum	2
Lepidium bonariensis	1	Paspalum quadrifarium	1
Leptocoryphium lanatum	3	Paspalum urvillei	3
Linum selaginoides	1	Pennisetum clandestinum	2

Phalaris angusta	3	Stipa charruana	1
Phalaris paradoxa	3	Stipa hyalina	3
Phalaris platensis	1	Stipa papposa	1
Phalaris tuberosa	5	Stipa setigera	4
Phaseolus prostratus	2	Torylis nodosa	1
Piptochaetium bicolor	4	Trachypogon montufarii	2
Piptochaetium montevidense	2	Tridens hackelii	2
Piptochaetium stipoides	3	Tridens polymorphum	2
Poa annua	1	Trifolium polymorphum	2
Poa lanigera	5	Trifolium pratense	4
Poa resinulosa	2	Trifolium repens	4
Relbunium richardianum	1	Trifolium subterraneum	4
Rynchosia diversifolia	2	Tripogon spicatus	1
Rynchosia senna	2	Vicia sp.	2
Schizachyrium imberbe	2	Vulpia australis	1
Schizachyrium microstathyium	2	Zornia diphylla	1
Schizachyrium spicatum	2	Sporolobus indicus	2
setaria geniculata	3	Sporolobus platensis	2
setaria vaginata	3	Stellaria media	1
Sorgastrum pellitum	3	Stenotaphrum secundatum	3
Sorghum alepense	5	Stipa brachychaeta	0

d'après Berretta, 1988 ; Rosengurt, 1979

Les auteurs

Dr Philippe M. Daget



Dessin de R. Ferris

- Ingénieur agronome (INA) 1958
- Docteur de spécialité en écologie 1968
- Docteur d'Etat ès sciences 1978
- Co-fondateur de l'Association française de pastoralisme : AFP 1982
- Membre du Comité d'organisation du V° Congrès International des Terres à pâturages (Montpellier 1991) .
- Membre de plusieurs comités d'organisation de Colloques en Ecologie pastorale

- Ingénieur de recherches au Centre Emberger du CNRS (1963-1988) puis à l'Institut de Botanique de Montpellier (1988-1992) et enfin chercheur au Centre International de Recherches Agronomiques pour les pays en Développement (CIRAD), il a animé des équipes d'écologues et de pastoralistes et effectué des recherches de terrain en France, dans le Massif-Central (Cantal, Margeride), dans le Jura, en Savoie et en Normandie ainsi qu'à l'étranger en Belgique, Slovaquie, Croatie, Allemagne, Suisse, Canada, Turquie, Algérie, Tunisie, Egypte.
- Il a dirigé sur diverses régions de France, d'Algérie, de Turquie et du Burkina Faso des mémoires, des thèses de spécialité et plusieures thèses d'Etat.
- Il a participé à de nombreux colloques en France, en Belgique, en Suisse, au Portugal et à des congrès internationaux en France, en Australie et en Belgique.
- Il est l'auteur ou le co-auteur de nombreux documents, articles et chapitres dans des ouvrages collectifs ; et le co-auteur de quatre ouvrages dont un « Manuel de pastoralisme ».

Dr Jacques A. Poissonet

- Ingénieur agronome (ENSAR) 1958
- Docteur-ingénieur 1969
- Chevalier du Mérite agricole
- Co-fondateur de l'Association française de pastoralisme : AFP 1982
- Président de la dite Association (1989-1992.)
- Membre du Comité d'organisation du V° Congrès International des Terres à Pâturages (Montpellier 1991)
- Membre de plusieurs comités d'organisation de Colloques en Ecologie pastorale

Dessin de R. Ferris

- Ingénieur de recherches au Centre Emberger du CNRS (1963-1988), puis à l'Institut de Botanique de Montpellier (1988-1990), expert pastoraliste auprès du directeur de l'INERA (Burkina Faso) (1990-1996) et enfin chercheur au Centre International de Recherches Agronomiques pour les pays en Développement (CIRAD), il a effectué des missions en France dans le Massif-Central (Cantal, Margeride), dans le Jura, en Savoie et en Normandie, ainsi qu'à l'étranger en Belgique, en Croatie, en Roumanie, en Allemagne, en Argentine, en Mongolie intérieure, en Guinée, en Côte d'Ivoire, au Sénégal, au Tchad et au Burkina Faso.
- Il a dirigé des mémoires et des thèses de spécialité sur divers secteurs de France, de Syrie, d'Algérie et du Maroc.
- Il a participé à des colloques en France, en Ecosse, en Chine et au Japon et aux Congrès des herbages à Nice et des pâturages à Montpellier
- Il est l'auteur ou le co-auteur de nombreux documents, articles et chapitres d'ouvrages collectifs en pastoralisme et en cartographie écologique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs gardent une profonde reconnaissance au Professeur **Louis Emberger** (1897-1969) qui les a orientés sur les recherches en écologie pastorale dès leur entrée dans son laboratoire en 1961. Les Professeurs **Sauvage** (Montpellier, 1909-1980), **Lambert** (Louvain-la-Neuve), **Ellenberg** (Gottingen,1919-1997) les ont encouragés à poursuivre en leur prodiguant des conseils toujours éclairés et fructueux. Au Cnrs, le Docteur **Long** (1928-2010) les a soutenus malgré les difficultés pendant de nombreuses années et le Professeur **Barbault** leur a permis de connaître de près les travaux des pastoralistes du Cirad. Les Professeurs **Godron** (Université de Montpellier) et **L'homme** (Enita Clermont-Ferrand) les ont accompagnés sur le terrain chaque fois que cela leur était possible et ont bien voulu relire leur texte et l'amender

Ils doivent aussi remercier **René Ferris** et **Pierre Carrière** auteurs des illustrations du présent ouvrage, **Patrice David** leur soutient informatique et tous leurs collègues du **Cirad** pour les exemples, les discussions et les données mises à disposition sans réserve.