

LE COUVERT HERBACE

.Conduite des recherches et méthodologie

L'estimation même grossière du stock fourrager produit en fin des pluies est un des besoins prioritaires des responsables de la production animale en région sahélienne et les recherches entreprises devraient aboutir à l'esquisse d'une méthode d'estimation à partir des données faciles à collecter. Pour atteindre ces objectifs, les recherches ont été conduites de façon à :

- mettre en place un réseau de surveillance aussi satisfaisant que possible,
- procéder à des mesures de composition floristique et de production de "fourrage" statistiquement acceptables,
- traiter les données par des méthodes de calcul permettant de réduire les erreurs d'échantillonnage, et d'estimer la précision des résultats,
- présenter les résultats sous une forme didactique.

1. Mise en place du réseau de surveillance

Les placeaux de surveillance ont été disposés à 2 et 5 kilomètres des forages sur un site préalablement repéré sur photo aérienne récente (1979) et toujours éloigné d'une certaine distance des pistes (200 à 700 m), l'accès étant signalé par un alignement d'arbres marqués à 1,50 m par un trait de peinture rouge.

Le placeau proprement dit est un quadrilatère de 100 à 300 mètres de côté situé sur une toposéquence caractéristique du paysage, incluant à ses extrémités (sauf terrain parfaitement plat) un ensellement et un vallon.

Le centre du dispositif est repéré par 4 arbres marqués à la peinture (rouge et jaune) et matérialisé chaque année par un piquet de bois au moment des mesures. Les 4 extrémités du placeau sont également localisées par un arbre marqué (en jaune). 34 placeaux ont ainsi été matérialisés sur le terrain.

2. Mesures du couvert herbacé

Ces placeaux ont servi de calage aux observations sur le couvert ligneux et le couvert herbacé.

Le couvert herbacé était estimé par trois observations complémentaires :

- Estimation de la composition floristique et du pourcentage de sol nu par la méthode des points quadrats alignés.

100 mesures étaient effectuées le long d'un double décimètre (20 cm entre les mesures). A chaque point de mesure, les espèces en contact avec une baguette effilée étaient notées en présence-absence et la mesure était considérée comme "sol nu" s'il n'y avait pas de contact avec une plante. Ces observations étaient effectuées pratiquement au même endroit chaque année, les lignes de mesures étant alignées entre le centre du dispositif et les quatre balises de limites du placeau.

- 2 au centre : du centre vers la balise vallon et du centre vers la balise de droite
- 2 aux balises à niveau avec le centre (droite et gauche par rapport au vallon)
- 1 à la balise du vallon (bas de pente)
- 1 à la balise de l'ensellement (haut de pente)

Pour chaque balise de limites de placeau, la ligne de points était installée au-delà de l'arbuste balisé et de son ombre portée, la ligne étant disposée dans l'alignement piquet central-balise.

- Estimation de la production de "fourrage"

Les mesures étaient effectuées après dessiccation du couvert herbacé et perte d'une partie de la production de saison des pluies (partie des infrutescences et limbes foliaires de bas de tiges, le tout mêlé aux éléments mobiles de l'horizon superficiel du sol). Les données sont inférieures à la production de biomasse herbacée estimée au stade floraison-fructification, mais sans doute plus conformes au stock fourrager réellement disponible pour les troupeaux au cours de la saison sèche. Il y a en effet une forte diminution du stock de fourrage sur pied (standing crop), non pâturé au cours de la saison sèche (Boudet et al. 1961, Bille 1976).

L'estimation du fourrage était effectuée par coupe au ras du sol des pailles de graminées et des tiges des autres espèces herbacées dans 30 carrés d'1 m² délimités par un cadre de bois, 30 répétitions étant suffisantes pour réduire l'erreur d'échantillonnage au niveau d'un placeau (Levang, Grouzis, 1980).

La récolte était collectée dans un grand sac plastique avec pesées cumulatives au peson jusqu'à 1,5 kg pour réduire les erreurs dues aux pesées d'échantillons trop légers (poids exprimé en pailles à environ 95 p.100 de MS)^{**}. Le cadre de prélèvement était disposé, au hasard, par le manoeuvre, 5 fois de suite parallèlement aux 6 lignes de points quadrats.

^{**} MS = Matières sèches

- Estimation du couvert herbacé apparent du plateau

Le fourrage récolté au mètre carré étant proportionnel à la densité et à la longueur des pailles, une qualification grossière du couvert apparent peut être réalisée au cours de la récolte des 30 échantillons: couvert nul, très clair, clair, moyen, dense ; un ou plusieurs éléments de cette classification pouvant manifestement ne pas exister sur le plateau.

Après relevé des points quadrats et récolte des 30 carrés de prélèvements, un arpentage au toprofil est effectué sur les 2 axes reliant 2 à 2 les balises limites de plateau et l'occupation linéaire de chaque classe de couvert est enregistrée.

3. Traitement des données

3.1 - Traitement des mesures de production

Parmi les données récoltées, seules les mesures de production devaient être enregistrées avec leur degré de précision.

Pour chaque plateau, les prélèvements effectués près du centre et près des balises à niveau sont traités ensemble (les deux autres balises sont incluses en cas de terrain plat).

La moyenne des 20 prélèvements (ou des 30 en terrain plat) est complétée par une fourchette de précision correspondant à l'intervalle de confiance à 5 p.100 (I.C.) :

$$m \pm \frac{ts}{\sqrt{n}} \quad \text{où :}$$

t = 2 plutôt que 1.96 pour des effectifs voisins de 20
 s = écart-type estimé de l'échantillon
 n = effectif de l'échantillon

Cette notion de précision est affinée par P (taux de précision), qui est un pourcentage exprimant le rapport :

$$P = \frac{IC \times 100}{m} \quad \text{ou} \quad \frac{2s}{m \sqrt{n}} \times 100$$

Mais ces calculs statistiques ne peuvent s'appliquer qu'à un échantillonnage dont les éléments sont distribués "normalement" selon une courbe en cloche symétrique. La production des placeaux est parfois répartie selon cette loi lorsque la végétation est relativement homogène, mais le plus souvent les histogrammes de production sont dissymétriques et il est nécessaire de normaliser les données par l'artifice d'un changement de variable. Compte-tenu de l'abondance des placeaux dénudés à production nulle, il est nécessaire d'ajouter une unité à la variable et la transformation $x' = \sqrt{x + 1}$ donne d'excellents résultats pour une végétation hétérogène et elle est également satisfaisante pour une végétation homogène.

La transformation $x' = \sqrt{x + 1}$ a donc été adoptée pour l'exploitation des données de production de la végétation sahélienne trop hétérogène. La transformation entraînant une diminution de la valeur des moyennes, il est nécessaire de compenser les résultats obtenus par une correction :

$$x = x'^2 - 1 + \frac{n-1}{n} s'^2$$

qui est la meilleure correction pour la transformation $x' = \sqrt{x + 1}$

3.2 - Traitement des données de la pluviométrie

Les pluies constituent le facteur limitant majeur de la production des parcours et leur distribution joue également, par l'élimination de certaines espèces, sur la composition floristique du couvert herbacé produit au cours de la saison des pluies.

Les pluies trop précoces (mai) sont inefficaces car suivies d'interruptions importantes qui entraînent la disparition rapide des plantules formées. Les pluies tardives sont également néfastes (à partir de la mi-octobre) car elles provoquent la dégradation d'une partie parfois importante du stock de paille par développement de moisissures.

Il serait donc possible, à proximité d'un pluviomètre, de rechercher une corrélation entre la production de fourrage d'un périmètre de 5 à 10 km de rayon et la pluie saisonnière obtenue en totalisant les pluies journalières entre le 1er juin et le 15 octobre.

A partir des données de ce pluviomètre, serait-il également possible d'estimer le devenir et l'utilisation de l'eau de pluie en extrapolant des résultats régionaux d'expérimentation et d'agroclimatologie ? A partir des travaux de Dancette à Bambeï (1976-78) et des travaux de Cornet (1981), Eagleman (1971), Forest (1974) et Sicot, Grouzis (1981), un traitement des données pluviométriques a été entrepris dans ce sens en vue de prévoir (ici de confirmer) la composition floristique et d'estimer la production des principaux types de terrain.

Le principe est d'établir un bilan hydrique cumulé par période de 5 jours prenant en considération (tableau 6).

- la pluie reçue pendant les 5 jours ou 6 à 7 si la première pluie est intervenue au milieu de la pentade précédente (Pmm). Une pluie d'au moins 6 mm est nécessaire pour démarrer le cycle (début de germination). De plus, les plantules ont besoin de 2 mm d'eau par jour pendant les dix premiers jours sinon le cycle est stoppé.

- L'eau utile totale (Eu), c'est-à-dire la pluie reçue s'ajoute à l'eau stockée (Rmm) dans la couche de sol explorée par les racines (ici 40 mm correspondant au stockage maximal de 60 cm de sol sableux).

- L'évapotranspiration maximale journalière du couvert herbacé en millimètres d'eau (ETMj). Cette valeur est le produit de l'évaporation journalière d'un bac normalisé classe "A" (Ev Bac) et d'un coefficient (K') variable avec l'état du couvert herbacé.

- L'évaporation du bac diminue du début des pluies (juin) jusqu'à la mi-septembre pour remonter brutalement ensuite.

- Le coefficient K' est celui qui a été obtenu par expérimentation sur une jachère d'herbe. Il augmente progressivement avec le développement des plantules, pour se stabiliser à 50 jours à 0,95. Cependant si les jeunes plants meurent, la valeur du coefficient repart de l'origine avec le nouveau cycle de végétation.

- L'évapotranspiration maximale pour la pentade (ETMp), c'est-à-dire le produit de ETMj, calculé comme ci-dessus par le nombre de jours considérés.

- L'évapotranspiration réelle pour la période (ETRp). La valeur de cette ETRp sera celle de l'ETMp correspondante s'il y a suffisamment d'eau. Sinon l'ETRp correspondra à l'eau disponible (Eu).

- L'évapotranspiration réelle journalière (ETRj) ou $\frac{ETRp}{nb\ j}$ et l'évapotranspiration potentielle journalière (ETMj).

Ces deux valeurs sont comparées sur l'abaque d'Eagleman pour établir l'indice d'humidité (I.H.) de la pentade.

Si $ETRj = ETMj$, le rapport est de 1, sinon il peut descendre jusqu'à 0.

Si cet indice d'humidité est inférieur à 0,1 pendant plus d'une décade, le cycle de végétation est supposé interrompu et un nouveau cycle pourra s'installer après une pluie d'au moins 6 mm.

- Le drainage en mm (Dr) est la quantité d'eau qui percole en profondeur. C'est la quantité d'eau excédant à la fois les besoins de l'ETM et le stockage maximum en réserve (R) qui est de 40 mm : $Dr = EU - (ETMp + 40)$

- Lorsque la différence entre EU et ETM est inférieure à 40, cette quantité est inscrite en R.

Tableau 6 - Bilan hydrique de Dahra en 1979 (IPu = 141)

Dates	Nb de jours	P	R mm	Eu	EV Bac	K'	ETM j	ETM P	ETR P	ETR j	I.H.	Dr mm
25-31.5	7	15,8		16	11,5	0,54	6,2	43	16	2,3	0,3	
1-5.6	5				11,5	0,62	7,1	36			0	
6-10.6	5										0**	
11-15.6	5	14,6		15	10,8	0,54	5,8	29	15	3,0	0,4	
16-20.6	5				10,7	0,62	6,6	33			0	
21-25.6	5										0**	
26-30.6	5										0	
1-5.7	5	6,4		6	10,0	0,54	5,4	27	6	1,2	0,1**	
6-10.7	5										0	
11-15.7	5	14,5		15	9,0	0,54	4,9	24	15	3,0	0,4	
16-20.7	5	37,5		38	8,6	0,62	5,3	27	27		1,0	
21-25.7	5		11	11	8,2	0,68	5,6	28	11	2,2	0,2	
26-31.7	6				7,8	0,74	5,8	35	0		0	
1-5.8	5	1,8		2	7,5	0,82	6,2	31	0		0	
6-10.8	5	2,4		2	7,4	0,86	6,4	32	0		0**	
11-15.8	5	4,0		4	7,3	0,89	6,5	32	0		0	
16-20.8	5			0	7,2	0,92	6,6	33	0		0	
21-25.8	5	20,0		20	6,9	0,94	6,5	33	20	4	0,5	
26-31.8	6	70,8		71	6,8	0,95	6,5	39	39		1	
1-5.9	5	53,0	32	85	6,8	0,95	6,5	32	32		1	13
6-10.9	5		40	40	6,7	0,95	6,4	32	32		1	
11-15.9	5	16,9	8	25	6,6	0,95	6,3	31	25	5	0,7	
16-20.9	5	44,5		45	6,5	0,95	6,2	31	31		1	
21-25.9	5	61,4	14	75	6,6	0,95	6,3	31	31		1	4
26-30.9	5		40	40	7,0	0,95	6,7	33	33		1	
1-5.10	5		7	7	7,5	0,95	7,1	36	7	1,4	0,2	
6-10.10	5			0	7,7	0,95	7,3	37	0		0	
11-15.10	5			0	7,7		7,3	37	0		0	
16-20.10	5	7,7		8	7,8	0,95	7,4	37	8	1,6	0,2	
21-25.10	5				7,9	0,95	7,5	38			0	
Totaux		371						858	348			

** Interruption de cycle de végétation

Le total des pluies enregistrées pendant la période représente la pluie saisonnière et le cycle de croissance de l'année correspond à la période d'enregistrement, déduction faite des pentades d'interruption de cycles de végétation.

La somme des ETMp (ETMt) et des ETRp (ETRt) permet de calculer un indice de pluie utile (IPu) qui pourra être mis en corrélation avec la production de fourrage

$$IPu = \frac{ETRt}{ETMt} \times ETRt$$

3.3 - Traitement des données floristiques

Parmi les nombreuses espèces herbacées présentes sur les sites d'observation, certaines sont de bonnes fourragères alors que d'autres sont toujours délaissées par le bétail.

Il est tentant de coter ces espèces et ceci a été souvent pratiqué en Europe. De Vries (1950,59) avait attribué une valeur de 0 à 10 aux espèces prairiales et il établissait ensuite un spectre de composition et de valeur relative des prairies pour l'ensemble d'une région, Delpech (1960) a simplifié la cotation dans une échelle de 1 à 5 et adapte la méthode au contrôle interannuel de la composition floristique des prairies. Daget et Poissonet ont appliqué la méthode à l'inventaire floristique effectué au point quadrat (1969) tel qu'il est utilisé dans le suivi du couvert herbacé du Ferlo.

Une valeur pastorale (VP) des espèces sahéliennes du Ferlo a été établie avec une échelle réduite de cotation de 1 à 3. Cette valeur pastorale prend en compte la période d'appétabilité de la plante, le degré d'appétabilité lié à l'anatomie et la morphologie des feuilles et tiges, la valeur fourragère...

Les espèces dénombrées dans les relevés sont en conséquence classées en premier ordre selon leur valeur pastorale et en deuxième ordre selon leur résistance à la sécheresse:

Graminées bonnes (G₃ - cote 3)

taille moyenne, tallage moyen à bon, bonne consommation en vert et en sec (à l'exception parfois du stade fructification) :

Andropogon gayanus
Andropogon pinguipes
Brachiaria lata
Brachiaria xantholeuca
Cenchrus biflorus
Cenchrus prieurii
Chloris pilosa
Chloris prieurii
Diheteropogon hagerupii
Echinochloa colona

Eragrostis cilianensis
Eragrostis lingulata
Eragrostis pilosa
Eragrostis tremula
Hackelochloa granularis
Panicum laetum
Pennisetum pedicellatum
Schoenefeldia gracilis
Setaria pallidifusca

Graminées moyennes (G₂ = cote 2)

taille moyenne ou petite, tiges fines mais assez dures, bien appréciées en vert, consommation moyenne à faible en sec :

Andropogon pseudapricus
Aristida adscensionis
Aristida fusciculata
Aristida mutabilis
Brachiaria distichophylla

Dactyloctenium aegyptium
Digitaria horizontalis
Eragrostis aegyptiaca
Tetrapogon cenchriformis
Trichoneura mollis

Graminées médiocres (G₁ = cote 1)

petite taille, tiges dures, peu de feuilles :

Aristida sieberana
Aristida stipoides
Ctenium elegans
Eragrostis ciliaris
Elionurus elegans

Loudetia togoensis
Schizachyrium exile
Sporobolus pectinellus
Tragus berteronianus

Légumineuses moyennes (L₂ = cote 2)

taille moyenne et petite, consommé en sec et souvent en vert :

Aeschynomene indica
Alysicarpus ovalifolius
Cassia mimosoides
Indigofera aspera
Indigofera pilosa
Tephrosia purpurea
Zornia glochidiata (météorisant)

Légumineuses médiocres (L₁ = cote 1)

taille petite ou prostré ou peu consommé :

Cassia obtusifolia
Indigofera astragalina
Indigofera senegalensis

Diverses moyennes (D₂ = cote 2)

moyennement consommé, surtout en vert ou fruits :

Blepharis linariifolia
Citrullus lanatus
Commelina forskalei
Cyperus esculentus
Ipomoea coscinosperma
Merremia pinnata
Merremia tridentata
Tribulus terrestris

Diverses médiocres (D₁ = cote 1)

ou petite taille, ou tige dure ; faible consommation, infrutescence :

Achyranthes aspera
Boerhavia repens
Borreria stachydea
Cleome tenella
Corchorus tridens
Cyperus iria
Fimbristylis hispida

Gisekia pharnaceoides
Hibiscus diversifolius
Jacquemontia tannifolia
Lineum diffusum
Lineum pterocarpum
Sida cordifolia

Inconsommables (cote 0)

Borreria chaetocephala
Borreria radiata
Ceratothera sesamoides
Cleome viscosa
Corchorus depressus
Euphorbia aegyptiaca
Neliotropium strigosum
Nyctrophia senegalensis
Lineum viscosum

Mollugo cerviana
Mollugo nudicaulis
Monsonia senegalensis
Polycarpea linearifolia
Polygala erioptera
Portulaca foliosa
Pycreus macrostachyos
Tripogon minimus
Urginea indica
Waltheria indica

Compte-tenu du pourcentage des différentes espèces présentes dans chaque site, une valeur pastorale du pâturage notée sur 100 peut être obtenue :

$$VP = \frac{\sum \text{Classe } i \text{ (p.100)} \times VP_i}{3}$$
 de sorte que $VP = 100$ si toutes les plantes présentes sont de classe 3 ($100 \text{ p.100} \times \frac{3}{3}$).

Cette valeur pastorale (VP) se situe théoriquement entre 0 et 100 p.100 et peut être appliquée à la biomasse herbacée produite pour qualifier le fourrage produit. Ainsi, pour Gm 32 en 1979, la biomasse de 1082 kg/ha de MS, avec une VP de 73 p.100 (0.73) n'équivaut qu'à 790 kg de fourrage "qualifié". Par contre, pour Y1 15, la même année, la biomasse de 1120 kg avec une VP de 0.82 équivaut à 918 kg de fourrage "qualifié". Cette pondération "qualité" du fourrage améliore l'estimation de la charge possible en bétail car la part de fourrage inutilisée peut alors être réduite à 50 p.100 (pertes biologiques au cours de la saison sèche, pertes par prédateurs autres que le bétail, pertes par piétinement...).

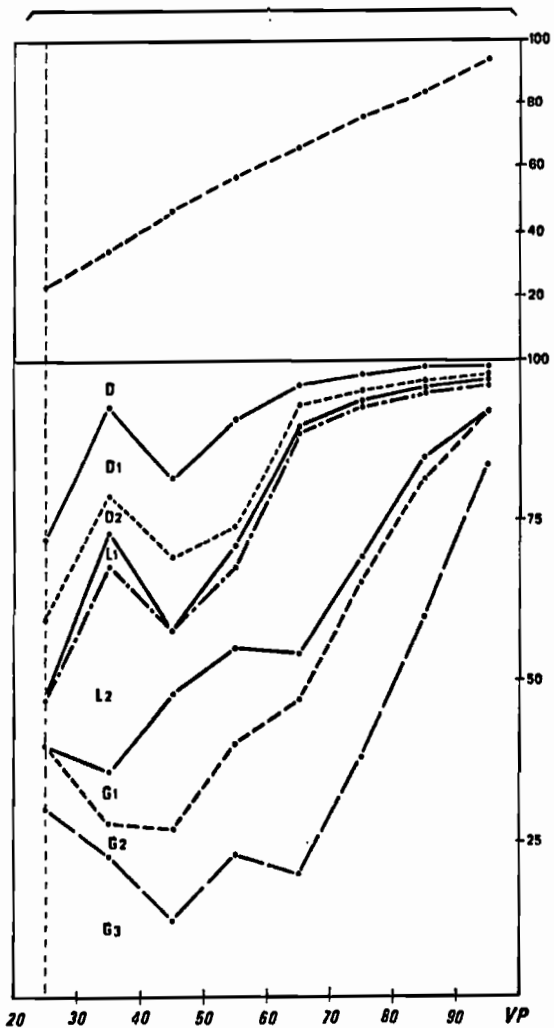
Les valeurs pastorales des sites étudiés (VPs) peuvent être comparées entre elles à l'échelle d'une région et reportées sur un spectre fourrager représentatif de la région. Ce spectre dit de De Vries est établi en portant en ordonnée, le pourcentage cumulé des divers groupes d'espèces présentes par classe de valeur pastorale et en abscisse, les classes présentes dans la région (de 10 en 10). La moyenne des valeurs pastorales de chaque classe est figurée au-dessus du spectre proprement dit. Les différentes valeurs de VP ainsi que les divers pourcentages de classes d'espèces herbacées sont reliées par des courbes caractérisant la région concernée (figure 9).

Valeurs pastorales et composition par espèces peuvent être également comparées pour chaque site, année par année par des spectres évolutifs. Les sites suivis par l'ORSTOM depuis 1975 ont été testés, à titre d'exemples : Dahra, Pété Olé, Dolli. L'expression des résultats de suivi des pâturages par l'établissement de spectres évolutifs facilite la comparaison des sites entre eux et permet de les classer chaque année dans l'échelle moyenne que représente le spectre fourrager régional.

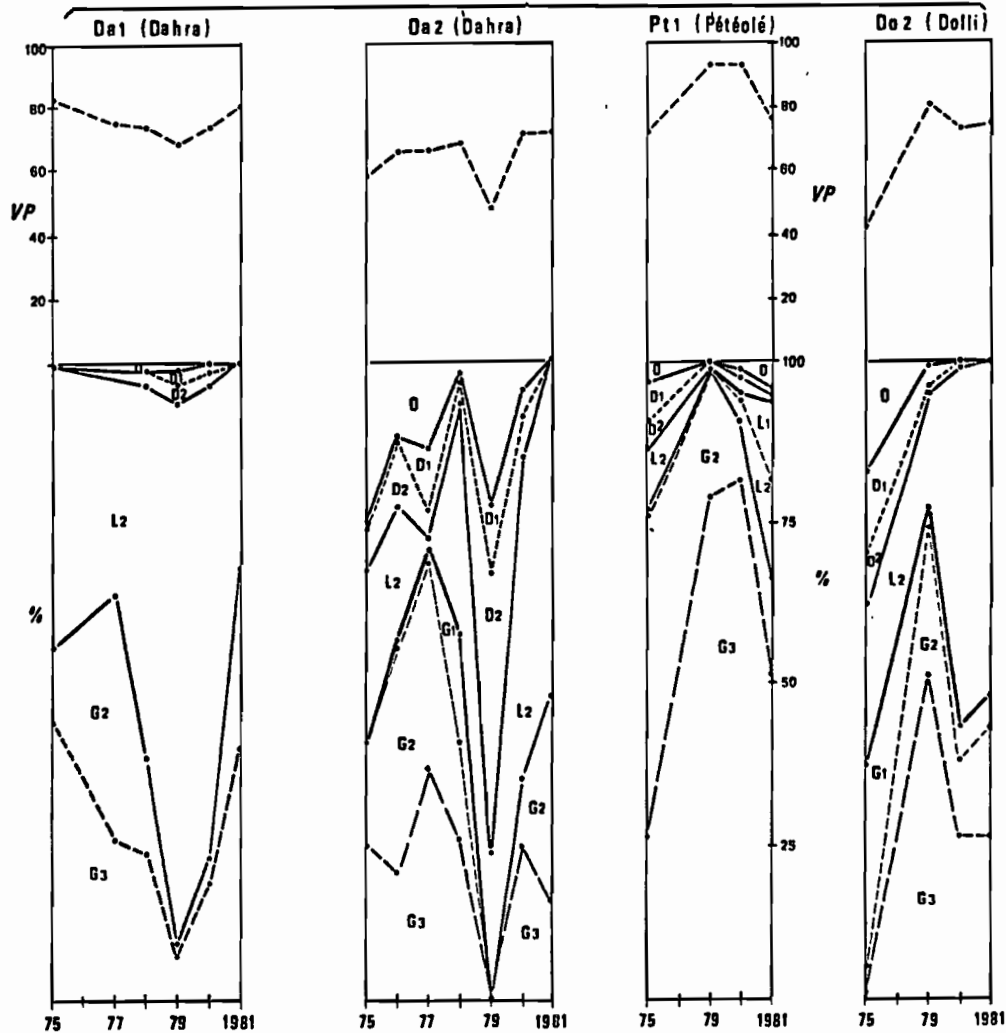
Figure 9 -

SPECTRES FOURRAGERS

SPECTRE DE DEVRIES



SPECTRES EVOLUTIFS



. Interprétation des résultats

L'évolution du couvert végétal peut être abordée dans son ensemble ou plus précisément par des relevés détaillés sur sites d'observations.

1. Evolution du couvert ligneux

Après la sécheresse de 1973 et la mort de nombreux arbres et arbustes, il était à craindre que de grandes modifications soient intervenues dans les formations. Pourtant les modifications restent minimes et limitées à quelques espèces bien qu'il y ait une tendance certaine à la concentration des espèces ligneuses vers les points bas.

Elles peuvent être cependant spectaculaires par suite de la disparition de quelques espèces qui n'existaient auparavant qu'à l'état de spécimens isolés :

- *Terminalia avicennioides* sur dunes à relief accusé
- *Sterculia setigera*, toujours rare, mais qui a disparu sur nappage sableux sur gravillons
- *Sclerocarya birrea* dont la répartition s'est maintenue mais qui a régressé en nombre dans les couloirs interdunaires
- *Combretum glutinosum* s'est maintenu mais il a fortement régressé sur sols à cuirasse et certaines dunes à relief accusé.

D'autres espèces sont plutôt en extension :

- *Acacia senegal* qui devient relativement abondant sur sols à gravillons et cuirasse sableuse, tout en se maintenant ailleurs et de préférence en bas de pente et dépressions interdunaires.
- *Boscia senegalensis* qui s'est maintenu partout où il était abondant et qui s'est multiplié sur ensellements dunaires ainsi que sur couloirs interdunaires argileux et même sablonneux.

Par contre, les comparaisons entre 1972 et 1979 témoignent d'une grande stabilité du *Balanites aegyptiaca*. Il serait cependant plus abondant sur des éléments aplanis des systèmes dunaires avec beaucoup d'individus jeunes.

2. Evolution du couvert herbacé

2.1 - Evolution d'ensemble

Des espèces à affinités soudaniennes semblent avoir nettement régressé comme :

- *Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis* et *Schizachyrium exile* sur gravillons,
- *Elionurus elegans*, *Ctenium elegans*, *Diheteropogon hagerupii* sur gravillons et sables,
- *Blepharis linariifolia* et *Borreria radiata* sur système dunaire à relief accentué.

Cependant certaines de ces espèces se sont réfugiées dans des niches écologiques plus favorables et pourraient recoloniser le terrain perdu:

- *Andropogon gayanus* rencontré en cuvettes interdunaires,
- *Diheteropogon hagerupii* sur gravillons ainsi que sur sables,
- *Elionurus elegans* sur sommets dunaires ainsi que sur pentes dunaires,
- *Blepharis linariifolia* n'a été repéré que sur dunes remaniées aplanies.

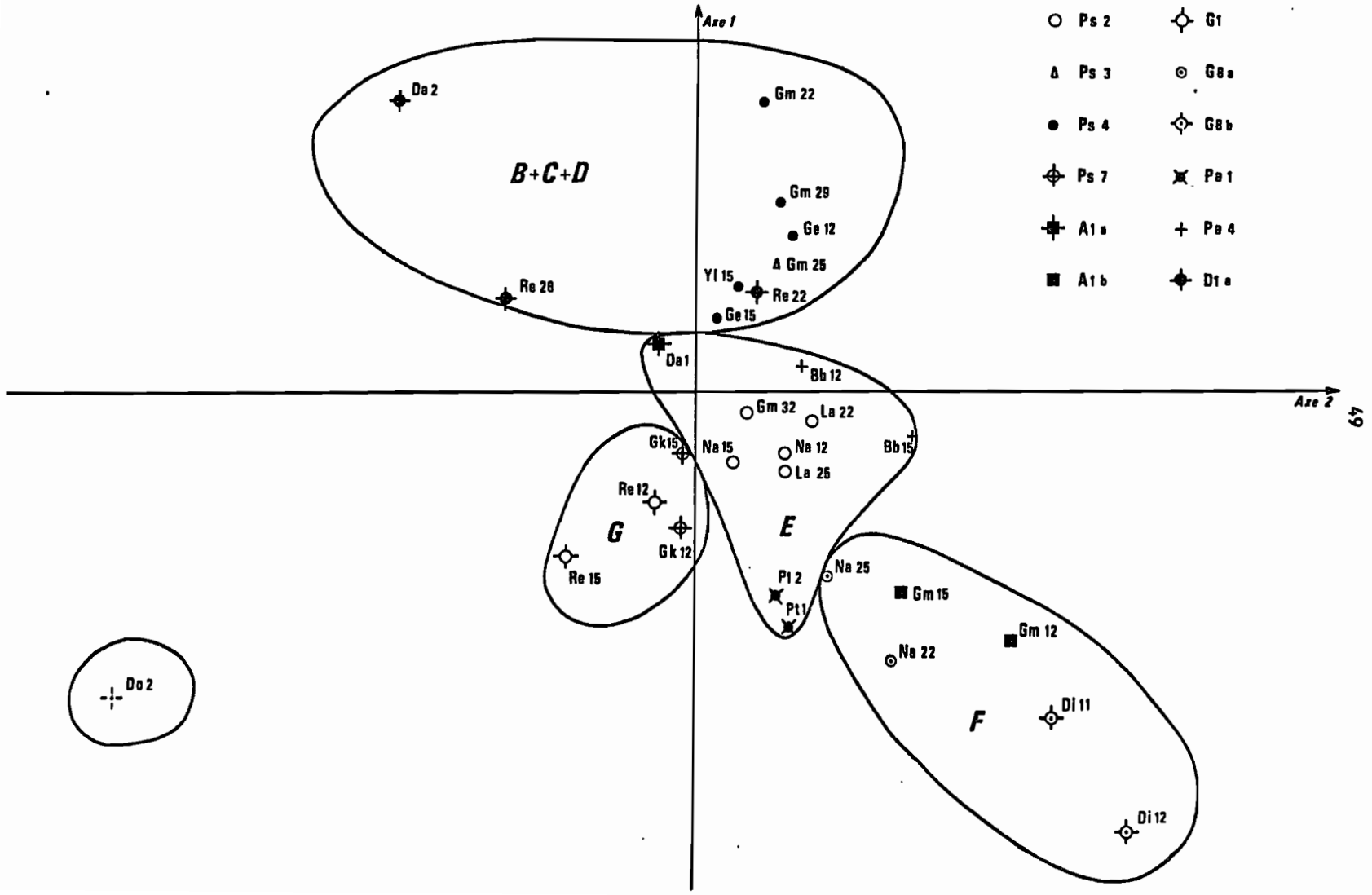
D'autres espèces plutôt saharo-sahéliennes semblent avoir profité de la sécheresse :

- *Mollugo nudicaulis* sur dunes remaniées,
- *Tragus berteronianus* sur dunes accentuées et remaniées ainsi qu'en couloirs interdunaires,
- *Heliotropium strigosum* sur dunes et nappages,
- *Fimbristylis hispidula* sur nappages sableux et couloirs interdunaires.

2.2. - Examen détaillé de l'évolution du couvert herbacé

Les 34 placeaux permanents d'observation ont été répartis sur différents faciès individualisés par Valenza et al (1972) et qui peuvent se répartir phytosociologiquement selon la classification élaborée par Dieye en 1981, l'axe 1 de l'analyse factorielle des correspondances étant le plus significatif (figure 10).

fig. n° 10 - Interprétation de l'analyse factorielle des relevés phytosociologiques (d'après Knassoum Dreye-1961)



Pour synthétiser les données de composition floristique, les espèces ont été regroupées par classes de valeur pastorale et les espèces rares regroupées. L'importance du couvert herbacé est exprimée par le nombre de contacts pour 100 mesures de quadrats alignés et l'importance de chaque espèce ou groupe d'espèces est exprimé en pourcentage de contacts (contribution spécifique de l'espèce considérée).

Ces compositions floristiques pondérées par leur valeur pastorale ont permis d'établir des spectres évolutifs pour les sites suivis précédemment par l'ORSTOM.

En comparant les bilans hydriques des forages équipés de pluviomètres, un commentaire sur la composition floristique a été esquissé en adoptant les informations sur la vitesse relative de germination des espèces établie par Penning de Vries et al. (1982) :

- Espèces à germination rapide, qui germent dès les premières pluies mais peuvent se dessécher et disparaître du couvert en cas d'interruption de pluies :

Graminées :

Aristida mutabilis
Cenchrus biflorus
Chloris prierii

Diverses :

Blepharis linariifolia
Tribulus terrestris

- Espèces à germination plus lente qui peuvent donc succéder aux précédentes après une interruption de pluies :

Graminées :

Andropogon pseudapricus
Dactyloctenium aegyptium
Diheteropogon hagerupii
Echinochloa colona
Loudetia togoensis
Panicum laetum
Pennisetum pedicellatum
Schoenefeldia gracilis

Légumineuses :

Cassia mimosoides

- Espèces produisant simultanément des graines tendres à germination rapide et des graines dures à germination lente, ces espèces étant les mieux adaptées contre les aléas pluviométriques :

Légumineuses :

Alysicarpus ovalifolius
Cassia tora
Indigofera astragalina
Indigofera prieuriana
Zornia glochidiata

- Espèces ne produisant que des graines dures à germination lente, exigeant de nombreuses pluies pour la levée de plantules (espèces concurrencées en année à pluies régulières et favorisées en année à pluies tardives précédées de pluies irrégulières) :

Graminées :

Elionurus elegans
Eragrostis tremula

Diverses :

Borreria chaetocephala
Borreria radiata
Borreria stachydea

A Dahra, pour le groupe BCD des systèmes dunaires, les compositions floristiques relevées de 1979 à 1981, peuvent être comparées à celles de l'ORSTOM effectuées depuis 1975 (Cornet 1981) et rassemblées dans un spectre évolutif (figure n°9). La pluie saisonnière est faible en 1977, forte en 1975, moyenne les autres années. Des interruptions interviennent une fois en 1976 (début Août), trois fois en 1977 (fin juin et deux fois en juillet), quatre fois en 1979 (deux en juin, une en juillet, une en août), une fois en 1980 (mi-juillet), une fois en 1981 (fin juillet). Il en résulte une forte proportion de *Dactyloctenium aegyptium* en 1976, 1977 et 1981, une dominance de *Zornia glochidiata* en 1980 et 1981 et une abondance d'espèces diverses à graines probablement dures en 1979 : *Merremia pinnata*, *Ceratotheca sesamoides*.

Ceci se traduit dans le spectre évolutif par une chute de la valeur pastorale en 1979 avec régression très nette des graminées.

A Pété Olé, pour le groupe E des vallons et couloirs interdunaires, la pluviosité est faible en 1980 et forte en 1975. Il y a une interruption de 10 jours au début août 1979 et une autre de 20 jours à la mi-juillet 1980. Il en résulte une forte augmentation de *Schoenefeldia gracilis*. Le spectre évolutif fait apparaître une amélioration constante de la valeur pastorale de ce plateau en défens jusqu'en 1980 puis une légère chute en 1981, correspondant toutefois à une VP de près de 80 p.100.

SUIVI AU SOL DU COUVERT VEGETAL
 (cas de Te 21 ; 1 km Est du forage de Tessekré)



1979 - Environ 150 mm de pluie -
 Sol nu, ripple marks, ligneux morts ou moribonds



1981 - Régénération sous 275 mm de pluie -
 Strate herbacée à *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr.
 et *Cenchrus biflorus* Roxb. - Invasion par la "Pomme
 de Sodome", *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f

A Dahra, les nombreuses interruptions de 1977 et 1979 entraînent (groupe E) une augmentation de *Digitaria horizontalis* en 1977 et une très forte dominance de *Zornia* en 1979. Le diagramme évolutif accuse une forte diminution de valeur pastorale en 1979, avec récupération progressive les années suivantes.

Le spectre évolutif de Dolli pour la steppe sahélo-soudanienne, met en évidence l'augmentation des bonnes graminées en 1979 puis l'extension de *Zornia* les années suivantes.

3. Estimation de la production et recherche de corrélation

Les 30 données de production collectées par plateau permanent ont permis de calculer la production des sites à niveau avec une fourchette de précision et la production des ensellements et des vallons. La production moyenne des 30 carrés de prélèvements exprime sensiblement la production géographique de la formation.

3.1 - Corrélation pluie utile - production

En répartissant sur un graphique (figure n°11), les productions à niveau avec l'indice de pluie utile du lieu, en abscisse et la production en ordonnée, le nuage de points peut être réparti en trois groupes déterminant trois courbes de classes de potentialités, courbes représentant le début d'une courbe en S, la production dépendant presque exclusivement à ce stade, de l'eau disponible.

A .Potentialité faible

12 données se rattachent à cette courbe :

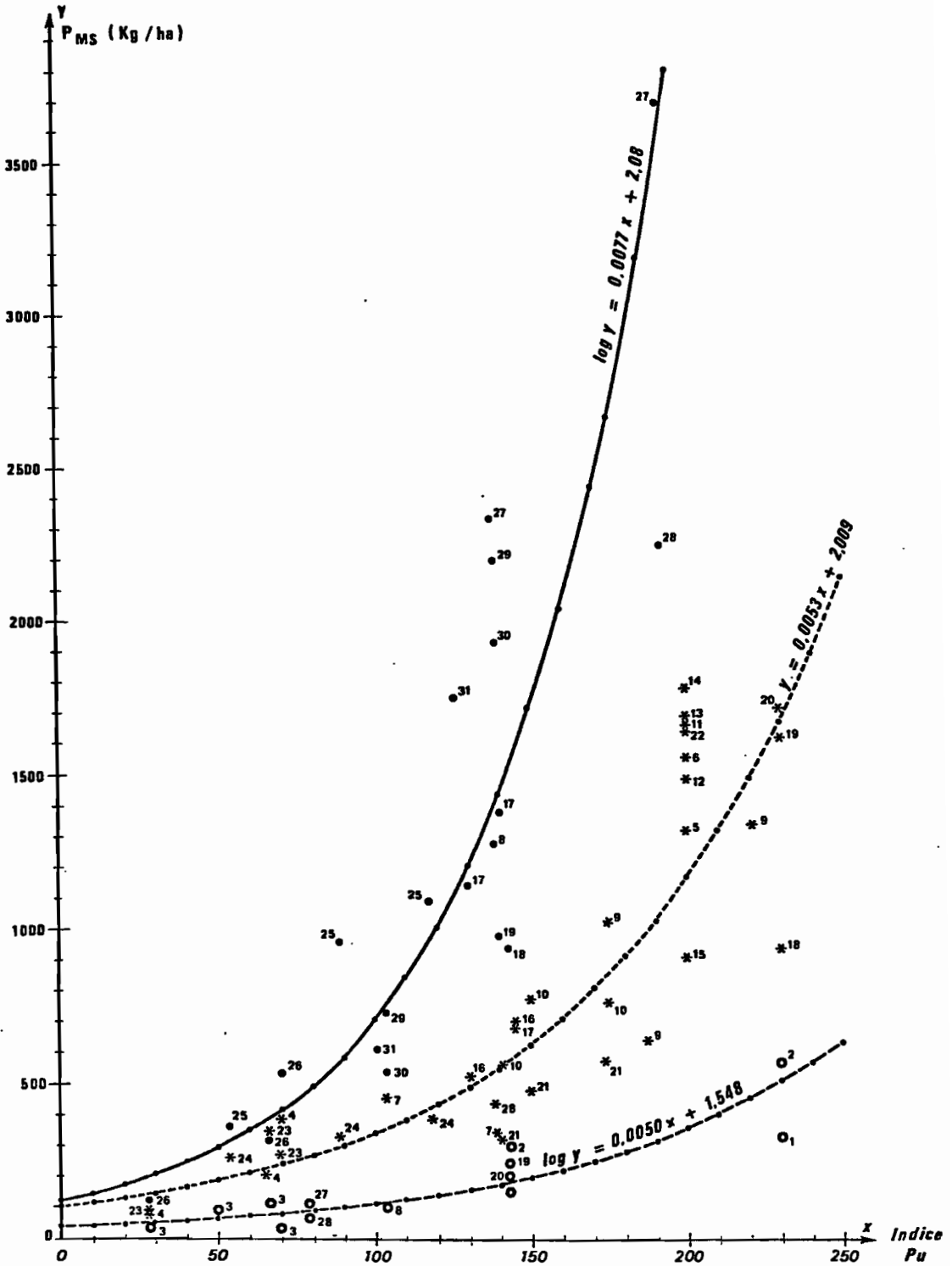
$$\log y = 0,0050 x + 1,548$$

où y = production en kg/ha
x = indice de pluie utile (IPu)

avec R = 0,896 pour 10 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 (> 0,70).

Ce groupe de parcours à faible potentialité est celui du groupe G des sols à cuirasse, certaines productions du groupe F des sols colmatés sur cuirasse et des faciès temporairement dégradés des groupes B C D des systèmes dunaires et du groupe E des vallons et couloirs interdunaires.

fig. n°11-CORRÉLATIONS PRODUCTION - PLUIES UTILES



B. Potentialité moyenne

35 données se rattachent à cette courbe :

$$\log y = 0,0053x + 2,009$$

où y = production en kg/ha
x = indice de pluie utile

avec R = 0,922 pour 33 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 ($> 0,42$).

Dans ce groupe de parcours à potentialité moyenne se retrouvent :

- la plupart des données du groupe F des sols colmatés sur cuirasse.
- la presque totalité du groupe B C D des systèmes dunaires
- les faciès faiblement dégradés du groupe E des vallons et couloirs interdunaires.

C. Potentialité forte

20 données se rattachent à cette courbe :

$$\log y = 0,0077x + 2,08$$

où y = production en kg/ha
x = indice de pluie utile

avec R = 0,91 pour 18 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 ($> 0,56$).

Dans ce type de parcours à forte potentialité se retrouvent :

- la presque totalité du groupe E des vallons et couloirs interdunaires
- quelques données du groupe B C D et une seule du groupe F représentant des faciès en flambée de production après mise en défens (Re 20) ou autres incidents d'exploitation.

3.2 - Corrélation pluie saisonnière - production géographique

Le report sur un graphique (figure n° 12) des données de production moyenne des placeaux permanents, en reportant la pluie saisonnière en abscisse et la production en ordonnée, permet de tracer une droite de régression encadrée par 2 droites représentant une fourchette de précision à deux écart-types des constantes a et b de la formule $y = bx + a$

$$y = 3,77 x - 299,77$$

où y = production en kg/ha

x = pluie saisonnière en millimètres

avec R = 0,575 pour 65 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 (> 0,31).

écart type de a = 69,59 ; 2 Sa = 139,18

écart type de b = 0,666 ; 2 Sb = 1,33

donnant les courbes d'encadrement

$$y = 5,10x - 160,59$$

et

$$y = 2,44x - 438,95$$

Sicot et Grouzis (1981) trouvent pour le bassin de la mare d'Oursi au Nord de la Haute-Volta, une corrélation voisine : $y = 0,216 P_m + 13,5$

avec P_m = pluie moyenne des pluviomètres du bassin en mm

y = biomasse herbacée en g/m²

3.3 - Corrélation aspect du couvert et production

En principe, le pourcentage de 5 niveaux de couvert est estimé au topofil sur les 2 axes reliant 2 à 2 les balises délimitant le placeau permanent.

Ces niveaux de couvert ont été définis en tenant compte de la distribution des données de production collectées au cours des trois années d'observation.

Outre la classe de sol nu (sans production), les autres données ont été réparties en quatre groupes égaux (méthode des quantiles) aboutissant aux limites de classes :

- 0
- 5 - 50 grammes
- 60 - 120 grammes
- 130 - 190 grammes
- plus de 200 grammes

et les moyennes de classe étaient respectivement 28,1 - 89,2 - 156,5 - 275,6.

fig. n°12 - Corrélation pluie saisonnière - production à l'ha géographique

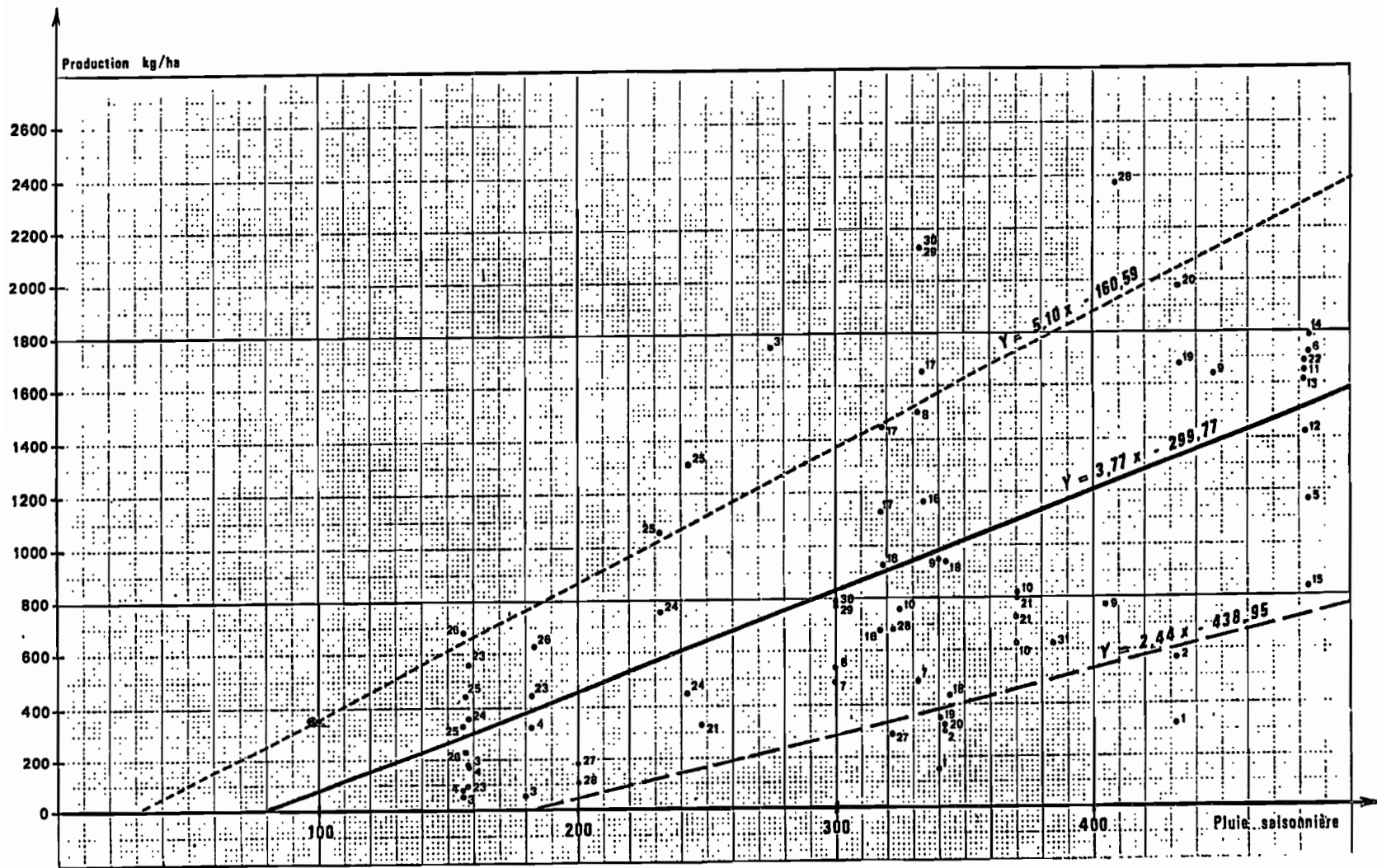
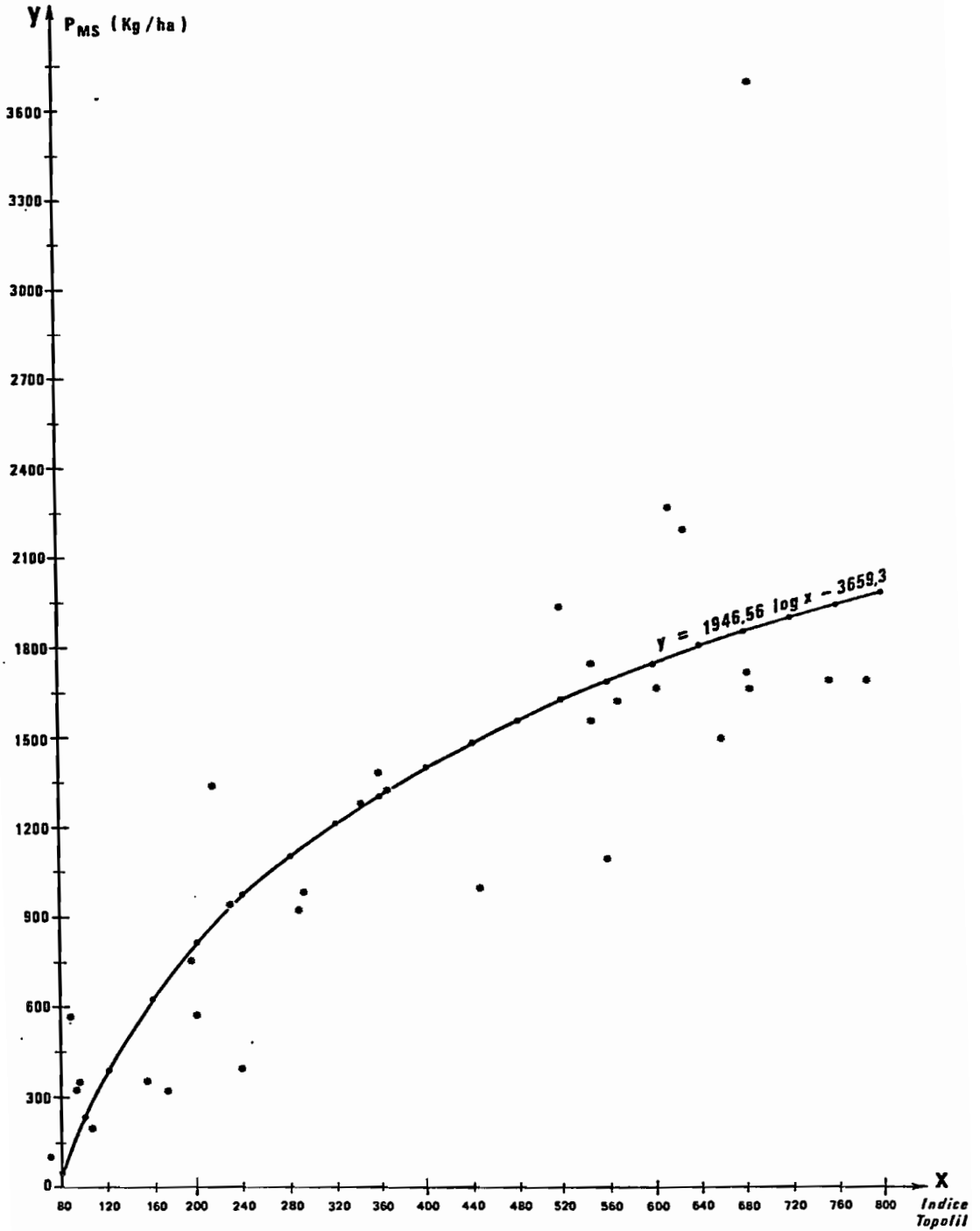


fig. n°13- CORRÉLATION PRODUCTION - TOPOFIL



Ces moyennes de classes ont par ailleurs permis de pondérer les valeurs de pourcentage de chaque classe afin de calculer un "indice topofil" pouvant raisonnablement corrélérer avec la production :

$(\% \text{ sol nu} \times 0) + (\% \text{ couvert très clair} \times 28,1) + (\% \text{ clair} \times 89,2) + (\% \text{ moyen} \times 156,5) + (\% \text{ dense} \times 275,6) = \text{indice Topofil}$

ou : $0 + \% \text{ Très clair} + \% \text{ clair} \times \frac{89,2}{28,1} + \% \text{ moyen} \times \frac{156,5}{28,1} + \% \text{ dense} \times \frac{275,6}{28,1}$

soit : $\% \text{ Très clair} + \% \text{ clair} \times 3,17 + \% \text{ moyen} \times 5,57 + \% \text{ dense} \times 9,80$

arrondi à : $\boxed{\text{Très clair} + 3 \times \text{clair} + 6 \text{ moyen} + 10 \text{ dense}} = \text{indice topofil}$

ex : Re 12 - 1981 : $52 \times 0 + 28 \times 1 + 18 \times 3 + 2 \times 6 + 0 \times 10 = 94$

Le report des données de production "à niveau" de 1981 sur un graphique (figure n° 13) en portant l'indice topofil en abscisse et la production en ordonnée, aboutit au calcul de la courbe :

$$y = 1\,946,56 \log x - 3\,659,3$$

où $y = \text{production en kg/ha}$
 $x = \text{indice topofil}$

avec $R = 0,816$ pour 31 degrés de liberté, hautement significatif au seuil de probabilité de 1 p.100 ($> 0,441$).

Conclusion

Le traitement des données collectées sur le terrain au cours de cette A.C.C. met en évidence l'intérêt de comparer analyses floristiques et production du couvert herbacé (biomasse épigée) au relevé par pentade d'un pluviomètre voisin. Cette approche permet d'expliciter la composition du couvert herbacé en fin de saison active et même de prévoir sans trop d'erreur, la composition présumée du couvert herbacé des terrains sablonneux.

La production du couvert herbacé peut être également estimée avec une précision acceptable pour certains types de terrain :

- courbe de potentialité faible pour le groupe G de sols de cuirasse,
- courbe de potentialité moyenne pour le groupe BCD des systèmes dunaires,
- courbe de potentialité forte pour le groupe E des vallons et couloirs interdunaires.

Les observations effectuées par l'ISRA (Valenza 1983), au niveau des pâturages desservis par les forages de Tatqui, Labgar et Tessekré à 2 et 5 km de ceux-ci, ont montré et confirmé le rôle prépondérant et essentiel de la pluviométrie sur les différentes caractéristiques de ces pâturages (composition botanique, densité et production).

Par contre, sur Ferlo sableux, l'action du bétail peut estomper celle des pluies en améliorant la production aux abords immédiats des forages (500 m) ou au niveau des zones à forte exploitation pastorale.

Pour un suivi permanent du Ferlo, le réseau de surveillance pourrait être allégé.

L'extension du suivi pourrait être envisagée par l'utilisation du topofil sur des sites déjà matérialisés ou des sites complémentaires à répartition randomisée à travers le territoire du Ferlo.

Pour une généralisation de la surveillance continue des parcours sahéliens, la corrélation pluie saisonnière - production peut être un atout favorable et une estimation de probabilités de production et de charges possibles en UBT pour être effectuée en se basant sur l'abaque de probabilités des pluies sahéliennes en Afrique de l'Ouest (Cochemé et Franquin 1967).

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA RECHERCHE
ET DE L'INDUSTRIE

DÉPARTEMENT RECHERCHE
ET TECHNOLOGIE
DANS LES ZONES
TROPICALES ET ARIDES

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SECRETARIAT D'ETAT A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

I.S.R.A

Institut Sénégalais
de Recherches Agricoles

Centre National
de Recherches Forestières
de Hann

Laboratoire National
d'Elevage et de Recherches
Vétérinaires de Hann

...

O.R.A.N.A

Dakar

...

D.C.C.G.E

Centre Muraz

...

G.E.R.D.A.T

Groupement
d'Etudes et de Recherches
pour le Développement
de l'Agronomie Tropicale

Institut d'Elevage
et de Médecine Vétérinaire
des Pays Tropicaux

Centre Technique Forestier
Tropical

...

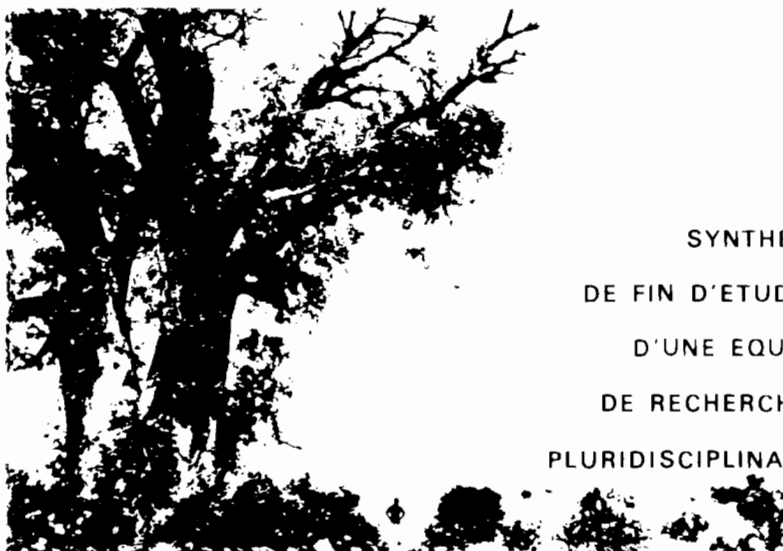
O.R.S.T.O.M

Office de la Recherche
Scientifique et Technique
Outre-Mer

A.C.C. - G.R.I.Z.A. (LAT)

Groupe de Recherches Interdisciplinaires en Zones Arides

SYSTEMES DE PRODUCTION D'ELEVAGE AU SÉNÉGAL
DANS LA REGION DU FERLO



SYNTHESE
DE FIN D'ETUDES
D'UNE EQUIPE
DE RECHERCHES
PLURIDISCIPLINAIRE

par :

BARRAL H., BENEFICE E., BOUDET G., DENIS J.P.
DE WISPELAERE G., DIAITE I., DIAW O.T., DIEYE K.,
DOUTRE M.P., MEYER J.F., NOEL J., PARENT G.
PIOT J., PLANCHENAUT D., SANTOIR C.
VALENTIN C., VALENZA J., VASSILIADES G.

SYSTEMES DE PRODUCTION D'ELEVAGE AU SENEGAL
DANS LA REGION DU FERLO

(Synthèse de fin d'études d'une équipe de
recherches pluridisciplinaire)

par

BARRAL (H.), BENEFICE (E.), BOUDET (G.),
DENIS (J.P.), DE WISPELAERE (G.), DIAITE (I.)
DIAW (O.T.), DIEYE (K.), DOUTRE (M.P.),
MEYER (J.F.), NOEL (J.), PARENT (G.) PIOT (J.),
PLANCHENAUULT (D.), SANTOIR (C.), VALENTIN (C.),
VALENZA (J.), VASSILIADES (G.)

© Ministère de la Recherche et de l'Industrie
GERDAT-ORSTOM, 1983

Tous droits de traduction, de reproduction par tous procédés,
de diffusion et de cession réservés pour tous pays -

ISBN 2-85985-080-5