

**TRAVAUX
ET DOCUMENTS
DE L'O.R.S.T.O.M.**



**ÉTUDE
DE LA PRODUCTION PRIMAIRE
NETTE
D UN ÉCOSYSTÈME SAHÉLIEN**

J. C. Bille

ORSAY
N° d'ordre :
1722

UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD
CENTRE D'ORSAY

T H È S E

présentée
pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

par

Jean-Claude BILLE

ÉTUDE DE LA PRODUCTION PRIMAIRE NETTE
D'UN ÉCOSYSTÈME SAHÉLIEN

soutenu le 27 octobre 1976 devant la Commission d'Examen

MM. LEMÉE

Président

BOUDET

BOURLIERE

GUINOCHET

LIORÉ

O. R. S. T. O. M.
PARIS
1976

ETUDE DE LA PRODUCTION PRIMAIRE NETTE
D' UN ECOSYSTEME SAHÉLIEN

J.C. BILLE

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| <i>Présentation de l'étude</i> | 3 |
| Le substrat | 5 |
| Climat | 10 |
| Sols et climat | 15 |
| <i>Etude descriptive de la végétation</i> | 17 |
| Végétation ligneuse | 18 |
| Végétation herbacée | 23 |
| Dynamique annuelle | 31 |
| Variations pluri-annuelles | 35 |
| <i>La production herbacée</i> | 39 |
| Productivité aérienne | 40 |
| Productivité souterraine | 45 |
| <i>La production ligneuse</i> | 51 |
| Biomasses ligneuses | 51 |
| Productivité aérienne | 55 |
| Productivité souterraine | 58 |
| <i>Eléments du fonctionnement de l'écosystème</i> | 61 |
| Flux d'énergie | 61 |
| Bilan de l'eau | 63 |
| Cycle biogéochimique | 64 |
| Consommation primaire | 70 |
| <i>Conclusions</i> | 75 |
| <i>Bibliographie</i> | 79 |
| <i>Annexe</i> : Organisation de la zone d'étude de Fêté Oié (Document cartographique à l'échelle de 1/1.000e) | |

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

En 1969 fut entreprise dans le Nord du Sénégal l'étude d'un écosystème représentatif de la zone sahélienne : les travaux, rattachés au Programme Biologique International, avaient pour objectif la mesure de la production primaire nette dans cette région subdésertique et la caractérisation de l'impact des trois groupes principaux de consommateurs : rongeurs, oiseaux et insectes sociaux. La tentative était justifiée par un manque reconnu de connaissances sur ce milieu où la variabilité pluri-annuelle est grande et pour lequel on ne disposait pas d'études de durée suffisante.

Par la suite, l'anomalie climatique de 1972 attira l'attention sur cette longue bande de territoire sahélien qui traverse le continent africain de l'Océan Atlantique à la Mer Rouge en longeant le Sud du Sahara, et les modifications profondes qui marquèrent la zone incitèrent à poursuivre les mesures jusqu'à ce que les conséquences de la période sèche puissent être définies, de sorte que le contrôle de la végétation et de la production primaire fut réalisé au cours de sept années consécutives de 1969 à 1975.

Outre les raisons précédentes, l'entreprise était aussi motivée par le désir d'analyse fine d'un écosystème sahélien et la recherche d'une échelle d'investigations capable de déceler les détails du fonctionnement de territoires à vocation pastorale. Jusqu'alors en effet, et depuis une dizaine d'années, nous nous étions efforcés de définir les moyens techniques les mieux adaptés à l'exploitation en vue de l'élevage des savanes tropicales ; à l'intérêt scientifique de l'étude d'un milieu très soumis aux conditions extérieures s'ajoutait donc un intérêt d'ordre économique.

Le texte du présent exposé est un essai de synthèse d'un grand nombre de mesures et d'observations dont on n'a retenu que celles qui semblaient les plus importantes, soit que certaines parties du travail aient déjà été

exposées par ailleurs (BILLE, 1972 et 1974), soit qu'elles soient marginales ou encore incomplètes comme les travaux qui ont été poursuivis plus au Sud, à Dahra-Djoloff et Ndoli, et qui ont seulement étendu la validité des principaux résultats acquis. Des détails complémentaires pourront aussi être trouvés dans les six documents élaborés au cours des études et sous forme de rapports ORSTOM de 1971 à 1974.

De nombreux chercheurs de disciplines diverses ont participé à ces études menées dans le cadre de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer et dont la Direction était assurée par Messieurs les Professeurs BOURLIERE (biologie animale) et LEMEE (partie végétale). Outre la coopération constante existant entre tous les membres de l'équipe de terrain, cinq chercheurs ont été plus spécialement associés aux travaux de botanique : MM. C. PERRIERE, contractuel P.B.I. et M. BOCCOUM, chercheur mauritanien (1970-71), H. POUPON (1971-75), A. CORNET et M. GROUZIS (1974 - 75), chercheurs de l'ORSTOM.

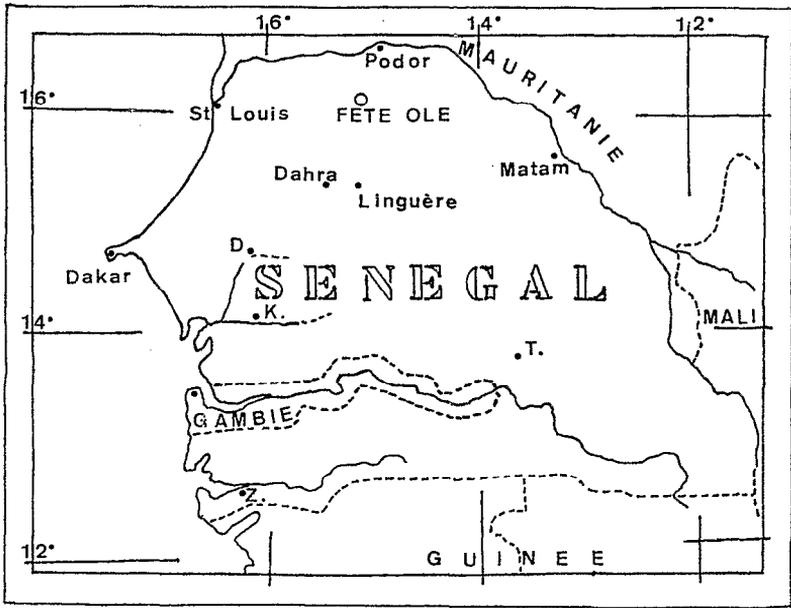
Ainsi, il a été fait appel aux pédologues et chimistes de l'ORSTOM à Dakar, aux agrostologues et nutritionnistes de l'IEMVT, à des spécialistes de la FAO et de l'ASECNA (météorologie), du CTFT (division des Bois Tropicaux), du Museum d'Histoire Naturelle de Paris (taxinomie) et de l'Université d'Orsay (traitement mathématique des données). J'ai plaisir à remercier ici tous ceux, nommément cités ou non, à qui je dois d'avoir vu aboutir mes propres efforts.

Localisation géographique

La zone étudiée se trouve sur le territoire de la République du Sénégal par 16°13' de latitude Nord et 15°06' de longitude Ouest (figure 1). C'est une région presque plate dont l'altitude moyenne est voisine de 40 m et que les éleveurs de bétail transhumants de la région désignent sous le nom de "Fouta", terme vague correspondant à n'importe quelle savane arbustive sèche de l'intérieur des terres. Les villes les plus proches sont situées à une cinquantaine de kilomètres du terrain : Rosso, Dagana et Podor sur le fleuve Sénégal au Nord ; Dahra-Djoloff et Linguère au Sud.

Le site de Fété Olé a été choisi en fonction de l'isolement de ce campement temporaire dont le nom signifie en langage peuhl "Mares Blanches". Fété Olé se trouve en limite de la zone sylvopastorale dite des Six Forages, espace réservé au bétail et au reboisement, mais hors de la zone d'influence de ces forages dont les plus proches (Tatki et Mbidi) sont à

Figure 1



(Echelle: 1/5 000 000)

25 kilomètres. Par ailleurs, on y observe le milieu sahélien dans ce qu'il a de plus caractéristique : pays chaud et sec sans réseau hydrographique net, couverture végétale médiocre formant une mosaïque variable, vie brève et intense surgissant entre de longues périodes stériles.

Organisation de terrain

Le dispositif de terrain comprenait une aire carrée d'un kilomètre de côté matérialisée par un réseau de bornes-repères en béton et ceinturée d'un double pare-feux servant également d'accès. A l'intérieur de ce périmètre, une surface de 25 hectares était enclose par des fils barbelés destinés à contenir les troupeaux de passage, et on peut considérer que le terrain était correctement protégé au cours de la saison favorable à la croissance des végétaux. Par contre, le feu parcourut partiellement le terrain à deux reprises (1969 et 1974).

Une base scientifique sommaire, édiflée à proximité du quadrat, comprenait des abris pour le matériel et les hommes ainsi qu'un petit poste météorologique avec thermo-hygrographe et pluviomètre. Les conditions climatiques très dures de Fété Olé ont souvent amené des perturbations dans le fonctionnement des appareils de mesure et handicapé l'activité des chercheurs.

LE SUBSTRAT

Topographie - L'étude des sols ayant démontré l'importance considérable du relief, si faible soit-il, et l'étroite dépendance du milieu vis à vis du modelé du terrain, un nivellement de la surface étudiée a été effectué dès 1970. Les cotes relatives ont été mesurées à 5 cm près et la dénivellation maximum observée a été de 4 m.

Les résultats du levé hypsométrique ont été reportés sur le document présenté en annexe sous forme de courbes de niveau équidistantes de 50 cm. Le terrain comprend deux lignes de crête principales et quatre parties basses indépendantes les unes des autres et servant de réceptacle aux eaux de pluie. Les termes "sommet de dune" s'appliqueront aux points situés au dessus de la cote relative + 1 m - "pente" entre 0 et 1 m - "dépressions" et "bas de pente" se partagent les cotes négatives.

Il n'existe pas d'orientation privilégiée des divers éléments ; les dunes occupent environ 50% de la surface, les pentes 40% et les points bas 10% seulement. Ces proportions sont représentatives de l'ensemble de la région.

Géologie - Fété Olé se trouve inclus dans un vaste ensemble sableux du Continental Terminal, et apparemment, la région est assez uniforme avec des ensembles dunaires au modelé peu accusé et sans orientation précise.

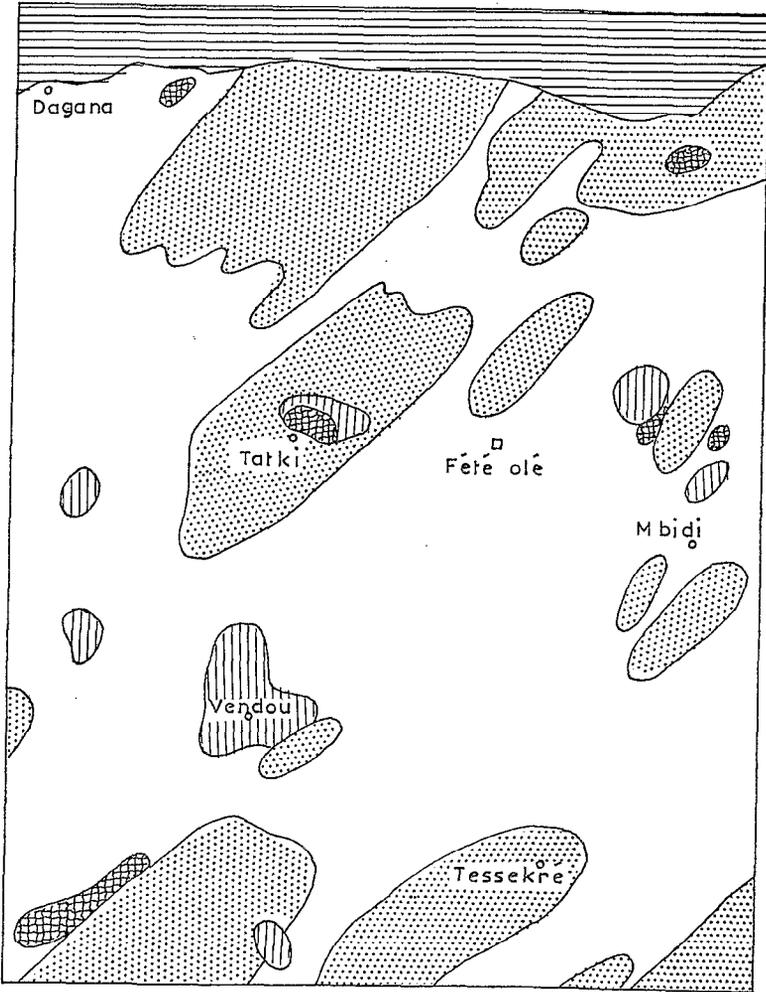
Au cours des fluctuations climatiques du Quaternaire se produisent tour à tour des cuirassements avec dépôts de calcaire lacustres dont les reliques apparaissent à proximité de la zone d'étude, et des formations d'ergs dont le plus récent (période ogolienne) correspond au système des Dunes Rouges. Selon P. MICHEL (1969), ces dunes ont été partiellement remaniées et il existe au niveau de la zone trois grands ensembles juxtaposés dont la mise en place s'est effectuée dans l'ordre suivant :

- des cuirasses de faible épaisseur en partie démantelées ;
- un système dunaire ancien couvrant la cuirasse d'1 m à 3 m avec dépôts calcaireux dans les creux ;
- les Dunes Rouges généralement transformées en un réseau irrégulier enfermant de petites dépressions, (15.000 à 20.000 ans B.P.)

La figure 2, établie d'après la carte géotechnique due au BRGM (1964), présente l'agencement de ces divers éléments ; le recouvrement sableux est faible à Fété Olé où l'on a pu observer en outre quelques gravillons latéritiques et une tache affleurante de grès calcaireux en forme de lentille de 12 m de diamètre et 1 m d'épaisseur.

Pédologie - Les sols du quadrat ont été étudiés par BOULET et LEPRUN (1969) le long de toposéquences choisies par leur représentativité (cf. carte) et sont généralement du type ferrugineux peu lessivés. Ils comprennent donc un horizon humifère superficiel, puis un horizon dont le fer a migré et un horizon d'accumulation peu distinct qui ne se différencie souvent que par sa structure. Le tableau 1 rend compte des analyses effectuées sur ces sols par les laboratoires de l'ORSTOM à Dakar, et on retiendra plus particulièrement les caractères de texture et de teneur en matière organique qui différencient bien les divers sites.

Sur les points hauts des toposéquences, la teneur en argile n'est que de 5% environ et la matière organique est presque inexistante au-delà des 20 premiers centimètres, à moins que la station n'ait été choisie sous un arbre dont l'influence se traduit par un enrichissement organique de 3 à 4 fois sur tout le profil. Dans les dépressions, la proportion d'argile double et il existe à partir de 50 à 80 cm de profondeur un pseudo-gley correspondant à des niveaux temporairement engorgés ; une tendance hydromorphe est également observable sur les sols de bas de pente ainsi qu'au niveau de "replats", c'est-à-dire sur des portions de terrain horizontal situé entre deux portions de pente.



- | | | | |
|---|-----------------------|---|------------------------|
|  | Alluvions fluviales |  | Sables en recouvrement |
|  | Cuirasse ferrugineuse | | d'1 à 3 m sur cuirasse |
|  | Grès calcaireux |  | Dunes Rouges fixées. |

(Echelle: 1/500 000)

FIGURE 2 (d'après B.R.G.M. 1964)

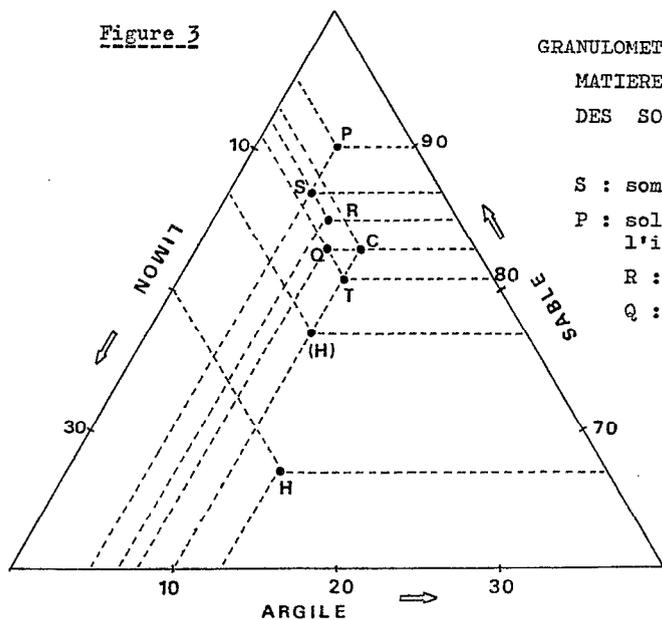
Tableau I - ANALYSE DES SOLS DE FETE OLE (Laboratoires ORSTOM de Dakar)

| Profils | Sommet de dunes | | | | | Sommet de dunes | | | | | Pente | | | | |
|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0-10 | 10-20 | 40-50 | 100 | 170 | 0-10 | 15-25 | 45-55 | 80-90 | 200 | 0-10 | 25-35 | 60-70 | 100 | 200 |
| Profondeur (cm) | 0-10 | 10-20 | 40-50 | 100 | 170 | 0-10 | 15-25 | 45-55 | 80-90 | 200 | 0-10 | 25-35 | 60-70 | 100 | 200 |
| Argile, % | 3,75 | 4,50 | 7,75 | 8,25 | 8,00 | 3,75 | 5,00 | 8,50 | 8,75 | 6,00 | 2,50 | 6,00 | 8,75 | 10,00 | 9,25 |
| Limon fin, % | 4,25 | 3,75 | 3,25 | 3,00 | 3,00 | 4,00 | 3,00 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 0,25 | 3,00 | 2,25 | 2,00 | 2,00 |
| Limon grossier % | 3,49 | 2,96 | 7,18 | 1,77 | 2,10 | 4,50 | 2,59 | 2,37 | 2,86 | 2,55 | 2,89 | 2,60 | 1,97 | 2,05 | 1,30 |
| Sable fin, % | 48,95 | 47,09 | 45,07 | 51,05 | 48,26 | 51,66 | 48,55 | 44,31 | 49,58 | 56,16 | 48,95 | 47,09 | 45,07 | 51,05 | 48,26 |
| Sable grossier % | 40,24 | 38,93 | 37,96 | 38,78 | 37,86 | 36,09 | 40,86 | 42,57 | 36,56 | 33,04 | 45,41 | 41,31 | 41,96 | 34,90 | 39,19 |
| C O3 Ca % | | | | | | | | | | | | | | 0,22 | 0,22 |
| M. organ. tot. % | 5,40 | 2,91 | 1,75 | 1,31 | 1,19 | 7,49 | 2,54 | 2,02 | 1,49 | 0,78 | 3,70 | 2,16 | 1,56 | 1,31 | 1,19 |
| Carbone, % | 3,12 | 1,68 | 1,01 | 0,76 | 0,69 | 4,33 | 1,47 | 1,17 | 0,86 | 0,45 | 2,14 | 1,25 | 0,90 | 0,76 | 0,69 |
| Azote, % | 0,27 | 0,14 | 0,15 | 0,11 | 0,11 | 0,40 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,08 | 0,20 | 0,10 | 0,13 | 0,11 | 0,11 |
| P205, total % | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,19 | 0,15 | 0,08 | 0,04 | 0,04 |
| Fe 203 libre % | 8,54 | 5,72 | 13,77 | 10,90 | 6,41 | 10,31 | 14,73 | 15,46 | 15,90 | 12,95 | 9,87 | 11,20 | 14,87 | 14,14 | 13,26 |
| Fe 203 total % | 11,53 | 12,50 | 18,26 | 17,77 | 18,26 | 15,37 | 17,30 | 20,18 | 17,77 | 15,37 | 12,97 | 14,90 | 18,73 | 19,70 | 18,73 |
| Calcium, mEq % | 1,34 | 0,88 | 1,28 | 0,64 | 0,40 | 1,59 | 1,41 | 1,18 | 0,90 | 0,72 | 1,00 | 0,92 | 0,69 | 0,44 | 0,34 |
| Magnésium mEq % | 0,84 | 0,60 | 1,20 | 1,36 | 1,40 | 1,21 | 0,98 | 1,56 | 1,50 | 1,04 | 0,69 | 0,69 | 1,15 | 1,14 | 1,06 |
| Potassium mEq % | 0,13 | 0,08 | 0,14 | 0,05 | 0,03 | 0,20 | 0,12 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,04 | 0,03 |
| Sodium mEq % | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,11 | 0,25 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| pH eau % | 6,9 | 7,1 | 7,0 | 5,9 | 4,8 | 7,0 | 7,2 | 6,5 | 6,2 | 5,1 | 6,9 | 7,2 | 6,5 | 6,0 | 5,7 |
| pH KCl % | 5,8 | 5,7 | 5,5 | 5,1 | 4,4 | 6,0 | 5,9 | 5,5 | 5,2 | 4,7 | 5,7 | 5,7 | 5,3 | 5,1 | 5,0 |
| Porosité % | 19,0 | 23,0 | 25,4 | 22,8 | 21,5 | 23,2 | 24,5 | 23,4 | 22,1 | 17,5 | 22,9 | 25,5 | 25,8 | 24,9 | 23,2 |
| pF 3 % | 1,86 | 1,38 | 2,55 | 2,78 | 2,98 | 2,52 | 2,52 | 3,26 | 3,53 | 2,63 | 1,86 | 2,11 | 2,89 | 3,21 | 2,98 |
| pF 4,2 % | 1,20 | 1,10 | 2,22 | 2,31 | 2,54 | 1,63 | 1,88 | 2,45 | 2,70 | 2,05 | 1,14 | 1,74 | 2,57 | 2,59 | 2,54 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Profils | Pente sous ombrage | | | | | Sol brun sur calcaire | | | | | Sol à nappe temporaire | | | | |
| Profondeur, (cm) | 0-10 | 10-20 | 40-50 | 100 | 200 | 0-10 | 30-40 | 80-90 | 115 | 200 | 0-10 | 10-20 | 45-55 | 100 | 140 |
| Argile, % | 3,25 | 3,00 | 7,00 | 8,75 | 7,75 | 15,00 | 12,50 | 17,75 | 15,25 | 4,75 | 3,50 | 5,00 | 10,75 | 11,50 | 9,75 |
| Limon fin % | 4,25 | 3,25 | 3,25 | 3,50 | 1,75 | 3,75 | 3,50 | 3,50 | 5,00 | 7,25 | 4,50 | 4,00 | 4,25 | 3,75 | 4,00 |
| Limon grossier % | 2,94 | 2,70 | 2,01 | 2,06 | 1,74 | 3,44 | 2,99 | 2,94 | 1,84 | 2,96 | 3,96 | 3,99 | 2,81 | 2,40 | 2,18 |
| Sable fin % | 49,56 | 49,63 | 49,83 | 51,55 | 55,54 | 47,16 | 48,02 | 47,59 | 43,58 | 31,53 | 47,26 | 48,98 | 50,65 | 49,91 | 49,89 |
| Sable grossier % | 40,00 | 41,42 | 37,91 | 34,14 | 33,22 | 30,65 | 22,99 | 28,22 | 34,23 | 53,51 | 41,38 | 38,03 | 31,54 | 32,44 | 34,68 |
| CO3 Ca % | | | | | | 0,34 | 0,22 | 0,45 | 1,89 | 34,85 | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M.organ. tot. % | 21,80 | 12,18 | 4,97 | 1,69 | 1,05 | 3,16 | 3,10 | 2,02 | 2,63 | 3,30 | 4,25 | 3,65 | 1,83 | 1,49 | 1,16 |
| Carbone % | 12,60 | 6,76 | 3,14 | 0,98 | 0,61 | 1,83 | 1,79 | 1,17 | 1,52 | 1,91 | 2,46 | 2,11 | 1,06 | 0,86 | 0,67 |
| Azote % | 0,28 | 0,21 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,11 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,10 |
| P205 total % | 0,14 | 0,14 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,17 | 0,12 | 0,11 | 0,08 | 0,08 | 0,13 | 0,11 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Fe 203 libre % | | | | | | 19,73 | 19,00 | 23,39 | 20,92 | 10,75 | 4,49 | 5,76 | 14,41 | 12,17 | 10,57 |
| Fe 203 total % | | | | | | 27,87 | 24,02 | 28,83 | 27,38 | 19,22 | 15,37 | 16,33 | 22,58 | 23,54 | 21,62 |
| Calcium mEq % | 1,15 | 0,78 | 1,02 | 0,64 | 0,26 | 7,74 | 4,54 | 4,96 | 16,06 | 27,86 | 1,18 | 1,14 | 1,20 | 1,35 | 1,66 |
| Magnésium mEq % | 1,15 | 0,70 | 0,86 | 1,18 | 1,15 | 1,50 | 1,90 | 1,70 | 2,90 | 6,75 | 0,84 | 0,86 | 1,79 | 2,02 | 1,64 |
| Potassium mEq % | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,19 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | 0,13 | 0,09 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| Sodium mEq % | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,13 | 0,17 | 0,13 | 0,13 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,17 | 0,29 |
| pH eau % | 6,2 | 6,7 | 6,3 | 6,0 | 5,2 | 8,2 | 8,1 | 7,7 | 8,1 | 8,6 | 6,3 | 6,3 | 6,0 | 6,2 | 6,6 |
| pH KCl % | 5,4 | 5,5 | 5,3 | 4,9 | 4,7 | 6,7 | 6,6 | 6,0 | 6,4 | 7,7 | 5,5 | 5,2 | 4,9 | 4,8 | 5,1 |
| Porosité % | 22,90 | 25,50 | 25,80 | 24,90 | 23,20 | 17,50 | 22,50 | 17,80 | 18,60 | 16,50 | 20,60 | 23,50 | 26,50 | 22,10 | 18,20 |
| pF 3 % | | | | | | 5,31 | 4,26 | 6,06 | 6,40 | 9,36 | 1,67 | 1,96 | 3,46 | 4,00 | 3,80 |
| pF 4,2 % | | | | | | 3,68 | 2,99 | 5,07 | 5,11 | 6,66 | 1,30 | 1,52 | 2,74 | 3,32 | 3,00 |

| Profils | Bas de pente | | | | Termitière | | | Hydromorphie réduite | | | | Hydromorphie totale | | | |
|------------------|--------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|
| | 0-10 | 20-30 | 70-80 | 200 | 0-10 | 50-60 | 200 | 0-10 | 25-35 | 55-65 | 200 | 0-10 | 30-40 | 50-60 | 100 |
| Argile, % | 3,25 | 6,75 | 10,25 | 10,75 | 5,50 | 15,00 | 13,50 | 5,75 | 10,75 | 13,00 | 15,50 | 10,25 | 11,00 | 15,50 | 17,00 |
| Limon fin % | 3,75 | 3,25 | 3,00 | 2,75 | 4,75 | 5,00 | 4,75 | 9,00 | 9,50 | 6,75 | 5,75 | 17,50 | 14,50 | 10,75 | 7,75 |
| Limon grossier % | 3,75 | 3,14 | 2,86 | 2,49 | 5,80 | 3,44 | 3,05 | 5,61 | 4,45 | 3,52 | 2,95 | 6,97 | 5,87 | 4,17 | 2,28 |
| Sable fin % | 47,30 | 49,29 | 50,87 | 48,30 | 52,38 | 41,74 | 40,62 | 42,96 | 40,61 | 37,22 | 40,07 | 34,58 | 38,91 | 39,20 | 38,24 |
| Sable grossier % | 41,95 | 37,57 | 33,02 | 35,71 | 31,57 | 34,82 | 38,08 | 36,68 | 34,69 | 38,51 | 35,73 | 30,70 | 29,72 | 30,38 | 34,73 |
| CO3 Ca % | | | | | | | | | | | | | 0,11 | 0,19 | 0,15 |
| M. organ. tot. % | 3,65 | 2,37 | 1,56 | 1,19 | 3,15 | 2,78 | 1,64 | 11,00 | 5,54 | 2,72 | 1,75 | 22,13 | 12,82 | 6,28 | 4,25 |
| Carbone % | 2,11 | 1,37 | 0,90 | 0,69 | 1,82 | 1,62 | 0,95 | 6,36 | 3,20 | 1,57 | 1,01 | 12,79 | 7,41 | 3,63 | 2,46 |
| Azote % | 0,26 | 0,16 | 0,14 | 0,08 | 0,19 | 0,17 | 0,14 | 0,46 | 0,27 | 0,21 | 0,16 | 0,74 | 0,36 | 0,27 | 0,23 |
| P205 % | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | | | | 0,27 | 0,25 | 0,26 | 0,12 | 0,67 | 0,70 | 0,30 | 0,16 |
| Fe 203 libre % | 12,08 | 12,37 | 17,09 | 14,73 | 11,64 | 20,03 | 18,70 | 11,34 | 17,37 | 21,79 | 22,39 | 5,92 | 15,70 | 17,30 | 7,69 |
| Fe 203 total % | 12,50 | 18,73 | 22,52 | 22,11 | 16,82 | 28,34 | 25,94 | 19,70 | 24,51 | 29,31 | 28,34 | 26,43 | 26,43 | 28,34 | 31,23 |
| Calcium, mEq % | 1,31 | 1,60 | 1,41 | 2,66 | 1,62 | 4,14 | 3,47 | 1,92 | 1,88 | 1,60 | 1,38 | 4,16 | 2,65 | 2,30 | 1,90 |
| Magnésium mEq % | 0,87 | 1,24 | 2,15 | 1,97 | 1,03 | 2,96 | 2,75 | 4,08 | 2,32 | 1,25 | 1,42 | 3,13 | 1,48 | 1,86 | 1,88 |
| Potassium mEq % | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,16 | 0,11 | 0,09 | 0,14 | 0,13 | 0,16 | 0,12 | 0,18 | 0,13 | 0,16 | 0,17 |
| Sodium mEq % | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,17 | 0,02 | 0,17 | 0,21 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| pH eau % | 6,7 | 6,3 | 5,5 | 5,8 | 6,6 | 7,4 | 7,1 | 5,2 | 5,2 | 5,0 | 4,9 | 5,7 | 5,0 | 5,0 | 4,7 |
| pH KCl % | 5,4 | 5,3 | 4,4 | 4,7 | 5,5 | 5,8 | 5,7 | 4,3 | 4,3 | 4,2 | 4,1 | 5,1 | 4,1 | 4,0 | 4,0 |
| Porosité % | 19,0 | 24,8 | 23,1 | 18,1 | 17,5 | 20,6 | 17,8 | 19,4 | 22,8 | 22,5 | 16,5 | 25,5 | 22,00 | 15,0 | 14,0 |
| pF 3 % | 1,99 | 2,12 | 2,63 | 5,04 | 2,78 | 6,61 | 7,02 | 5,50 | 6,33 | 6,52 | 4,78 | 8,76 | 6,58 | 7,04 | 6,71 |
| pF 4,2 % | 1,34 | 1,93 | 2,96 | 3,74 | 1,96 | 4,56 | 4,49 | 2,67 | 3,62 | 4,45 | 2,08 | 4,77 | 3,72 | 4,85 | 5,03 |

Figure 3



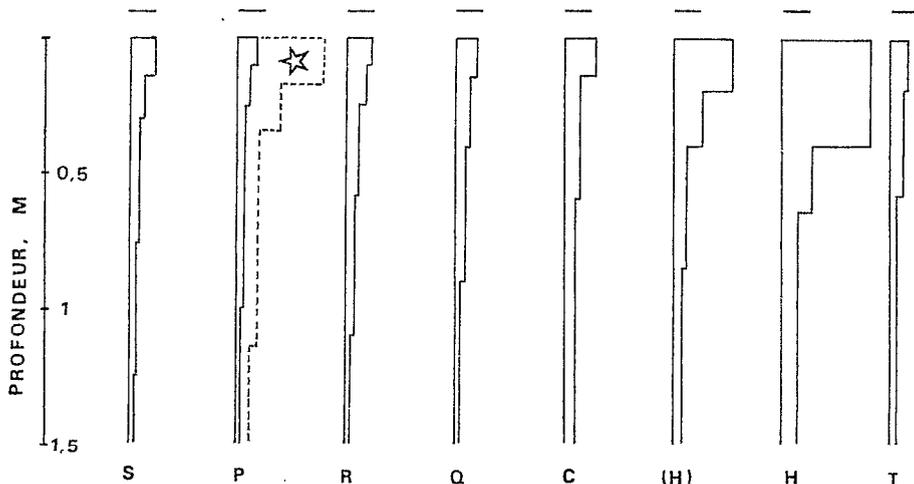
GRANULOMETRIE ET TENEUR EN
Matière organique totale
DES SOLS DE FETE OLE

- S : sommet de dune
- P : sol sur pente (l'étoile indique l'influence des arbres)
- R : replat
- Q : bas de pente
- C : sol brun sur calcaire
- (H) : hydromorphie temporaire réduite aux horizons inférieurs
- H : hydromorphie sur l'ensemble du profil
- T : sol sur ancienne termitière.

Granulométrie

Matière organique totale:

Echelle: chaque segment correspond à une teneur de 5%



Les sols développés sur calcaire ou sur termitières anciennes ne s'intègrent pas dans la chaîne précédente ; ce sont dans le premier cas des sols bruns, rares à l'intérieur de l'aire étudiée (120 m² pour 25 ha), cependant que des sols remaniés et enrichis en argile, peu perméables, hétérogènes, marquent l'action antérieure des termites. La figure 3 présente la synthèse des observations précédentes et fait ressortir la teneur constamment élevée en sable de ces sols, ainsi que leur pauvreté en matière organique à laquelle correspond une valeur chimique médiocre : 0,1 à 0,3 p.1000 d'azote total, bases échangeables souvent inférieures à 3 mEq, acide phosphorique total de l'ordre de 0,1 p.1000.

LE CLIMAT

Selon la classification d'AUBREVILLE (1949), Fété Olé se trouve en limite des régions subdésertique et sahélo-sénégalaise, avec 8 ou 9 mois secs et une pluviosité comprise entre 300 et 400 mm. Les divers indices climatiques, calculés à partir de la température et de la pluviosité, caractérisent un climat aride pré-saharien : 8 pour l'indice d'aridité de DE MARTONNE, - 50 pour celui de THORNTHWAITE, 38 pour celui d'EMBERGER.

La zone est soumise aux vents alizés frais et à l'Harmattan sec et torride de novembre à mai, puis le Front Inter-Tropical se déplace vers le Nord et la mousson du Sud-Ouest apporte d'importantes masses d'air humide qui engendrent les pluies de juillet à octobre. Le tableau II indique les normes climatiques des deux stations météorologiques les plus proches de Fété Olé : Podor et Linguère.

On constate que les vents sont fréquents : 64 jours de calme à Podor par an contre 68 jours où la vitesse du vent est supérieure à 5 m/s. Les températures sous abri présentent des maxima élevés d'avril à juin (plus de 40°C) et un maximum absolu de 49,8° C a été noté à Fété Olé ; les minima moyens mensuels sont supérieurs à 17° C pendant 9 mois.

La durée d'insolation varie de 190 heures au mois de novembre à plus de 250 heures en mars et avril, cependant que la radiation solaire globale n'est jamais inférieure à 400 langley par jour. L'humidité relative moyenne ne dépasse 50 p.100 qu'au cours de la saison des pluies, et dans ces conditions, l'évaporation potentielle garde constamment des valeurs élevées. Son calcul à partir de la formule de PENMAN aboutit sous ces climats à des valeurs inférieures aux évaporations mesurées sur bac de type "classe A" 2,1 à 2,2 m/ an pour l'évaporation calculée, contre 3,4 à 3,5 m pour les mesures.

Ces indications confirment les résultats de RIOU (1972) pour l'Afrique Centrale, soit entre 1800 mm et 2200 mm environ dans la zone sahé-lienne, mais n'ont qu'une signification limitée dans le cas de Fâté Olé, ainsi que le fait remarquer cet auteur : "l'évaporation d'un couvert végétal donné, bien alimenté en eau et dont les caractéristiques physiques, albédo, rugosité, hauteur au dessus du sol restent pratiquement constantes toute l'année, ne saurait être assimilée à ce qui se passe dans la nature".

Les précipitations sont l'élément le plus aléatoire et le plus caractéristique du climat.

a) - Moyennes annuelles : on a observé à Fâté Olé des pluviosités annuelles variant de 33 mm à 316 mm de 1970 à 1975.

Pluvisité à Fâté Olé (1970-1975)

| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 |
|-----------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Juin | 9,3 | 0 | 4,5 | 15,0 | 0 | 0 |
| Juillet | 65,3 | 20,5 | 0 | 30,5 | 22,0 | 169,0 |
| Août | 65,2 | 104,9 | 13,1 | 91,7 | 248,0 | 71,8 |
| Septembre | 69,2 | 76,8 | 2,7 | 71,5 | 46,0 | 54,8 |
| Octobre | 0 | 0 | 13,0 | 0 | 0 | 15,6 |
| Année | 208,7 | 202,2 | 33,3 | 208,9 | 316,0 | 311,2 |

L'amplitude des variations pluviométriques et la faible valeur moyenne pour ces six années (213,4 mm) dans une région considérée comme recevant habituellement plus de 300 mm d'eau, ont amené à rechercher auprès de l'ASECNA à Dakar et dans diverses archives (Frère CONSTANTIN, 1930 ; CHUDREAU 1916) les données relatives aux pluies sur les périodes les plus longues possibles. Outre Podor et Linguère, les stations de Dagana, Coki et Yangyang ont enregistré les pluies dans le Nord du Sénégal depuis plus de 30 ans, cependant que des données existent à Saint-Louis du Sénégal depuis 1860 environ et qu'il y a en outre 18 postes pluviométriques depuis 10 à 15 ans dans la région concernée.

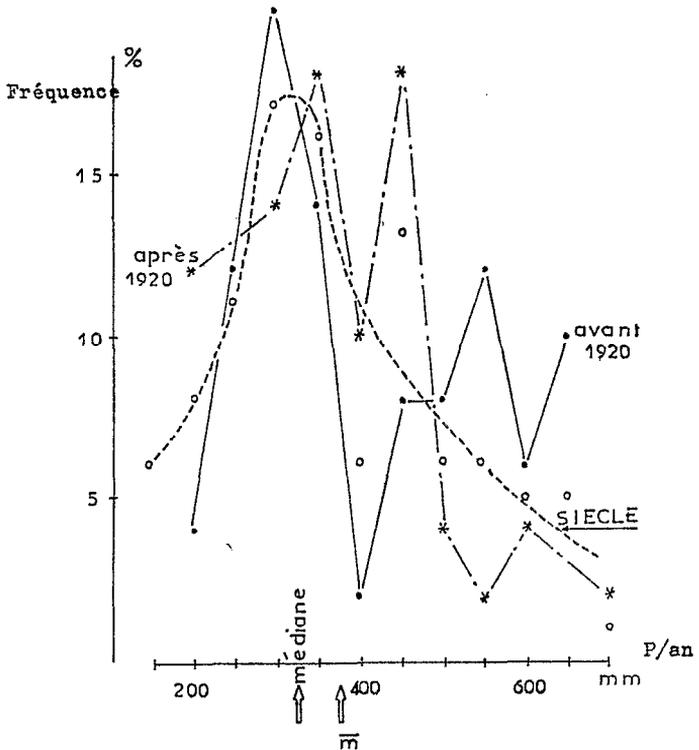
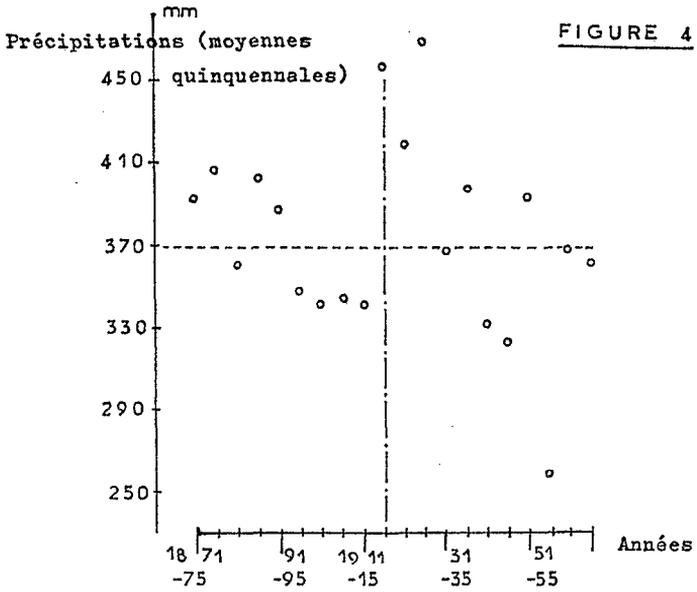
L'évolution séculaire de la pluvisité est illustrée à partir des données de Saint-Louis (période 1871-1970) où les valeurs extrêmes sont de 144 mm en 1871 à 691 mm en 1927. La figure 4 présente les moyennes pluviométriques quinquennales pour la période, et la fréquence des quantités annuelles de pluie observées : pour ce deuxième graphique, on a en outre établi les fréquences pour chaque moitié de siècle, 1871-1920 et 1921-1970.

On voit que la seconde moitié du siècle se distingue par une plus grande variabilité des moyennes quinquennales, mais il n'y a pas de tendance à une plus faible pluvisité. Cependant, et c'est le point le plus important,

Tableau II - NORMES CLIMATIQUES DE PODOR ET LINGUERE (ASECNA) (altitudes : 9 et 22 m)

| Mois | Nbre de j. (1951-55) où la vitesse du vent a été (m/s) | | | Rayonnement solaire tot. Ly/j. | | | Température, °C (période 1939-55) | | | Nombre de jours où | | | | | | | | | |
|-----------|--|----------|----------|--------------------------------|-------|----------|-----------------------------------|-------|---------|-----------------------|----------|-------|------|------|--------|--------------|--------------|--------|----|
| | Podor | | | Linguère | | | Podor | | | Linguère | | | | | | | | | |
| | 0-1 | 2-4 | 5-6 | 7-14 | 0-1 | 2-4 | 5-6 | 7-14 | R.-Toll | Tx | Tn | Tm | Tx | Tn | Tm | Tx \geq 40 | Tn \geq 20 | | |
| | | | | | | | | | P | L | P | L | P | L | P | L | | | |
| Janvier | 4 | 24 | 3 | 0 | 0 | 27 | 4 | 0 | 455,8 | 30,8 | 14,6 | 22,7 | 33,9 | 13,7 | 23,8 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Février | 4 | 19 | 1 | 0 | 0 | 21 | 3 | 0 | 526,0 | 32,0 | 16,4 | 24,2 | 35,7 | 15,7 | 25,7 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Mars | 0 | 27 | 2 | 1 | 0 | 26 | 4 | 0 | 559,9 | 36,7 | 18,6 | 27,7 | 38,8 | 17,3 | 28,1 | 17 | 8 | 18 | 7 |
| Avril | 4 | 22 | 3 | 1 | 4 | 23 | 3 | 0 | 585,7 | 39,1 | 20,8 | 29,9 | 40,9 | 19,5 | 30,2 | 19 | 20 | 20 | 15 |
| Mai | 3 | 20 | 5 | 3 | 2 | 25 | 4 | 0 | 603,9 | 41,3 | 23,2 | 32,3 | 42,1 | 21,1 | 31,6 | 28 | 29 | 23 | 29 |
| Juin | 7 | 17 | 4 | 2 | 3 | 23 | 4 | 0 | 586,0 | 40,6 | 23,7 | 32,1 | 40,0 | 22,5 | 31,2 | 21 | 30 | 8 | 30 |
| Juillet | 4 | 16 | 11 | 0 | 1 | 22 | 8 | 0 | 539,3 | 37,4 | 24,2 | 30,8 | 36,4 | 23,0 | 29,7 | 9 | 31 | 2 | 31 |
| Août | 12 | 12 | 6 | 1 | 7 | 24 | 0 | 0 | 500,9 | 34,9 | 24,3 | 29,6 | 33,6 | 22,8 | 28,2 | 0 | 31 | 0 | 29 |
| Septembre | 3 | 22 | 5 | 0 | 2 | 26 | 2 | 0 | 530,0 | 35,3 | 24,6 | 30,0 | 34,1 | 22,5 | 28,3 | 0 | 30 | 0 | 29 |
| Octobre | 12 | 16 | 3 | 0 | 3 | 26 | 2 | 0 | 461,6 | 36,7 | 24,5 | 30,6 | 36,7 | 21,7 | 29,2 | 1 | 31 | 0 | 28 |
| Novembre | 8 | 19 | 1 | 2 | 2 | 25 | 3 | 0 | 436,7 | 34,8 | 19,7 | 27,2 | 37,2 | 17,8 | 27,5 | 0 | 24 | 0 | 7 |
| Décembre | 2 | 14 | 8 | 6 | 0 | 22 | 9 | 0 | 406,8 | 31,2 | 16,5 | 23,9 | 34,1 | 14,9 | 24,5 | 0 | 7 | 0 | 2 |
| Année | | | | | | | | | | 35,9 | 20,9 | 28,4 | 36,9 | 19,4 | 28,2 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Humidité relative % (1951-55) | | | Précipitations, mm(1931-1960) | | | Nombre de jours où : | | | Evaporation (1950-55) | | | | | | | | | |
| | Podor | | Linguère | Podor | | Linguère | | Podor | | | Linguère | | | Bac | | Penman | | | |
| | Podor | Linguère | Px | Pn | Pm | Px | Pn | Pm | P>0,1 | P>10 | P>50 | P>0,1 | P>10 | P>50 | Podor | Linguère | Podor | Lingu. | |
| Janvier | 30 | 27 | 9 | 0 | 0,5 | 1 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 260,4 | 352,6 | 138 | 149 | |
| Février | 32 | 33 | 25 | 0 | 1,7 | 35 | 0 | 1,9 | 0,4 | 0,1 | 0 | 0,3 | 0,2 | 0 | 281,3 | 346,7 | 162 | 175 | |
| Mars | 28 | 30 | 26 | 0 | 0,9 | 44 | 0 | 2,1 | 0,3 | 0,1 | 0 | 0,3 | 0,2 | 0 | 386,8 | 431,8 | 203 | 201 | |
| Avril | 27 | 32 | 2 | 0 | 0,1 | 1 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 411,4 | 437,3 | 203 | 204 | |
| Mai | 33 | 45 | 28 | 0 | 3,1 | 32 | 0 | 3,8 | 0,7 | 0,1 | 0 | 0,9 | 0,2 | 0 | 464,1 | 401,2 | 242 | 216 | |
| Juin | 46 | 54 | 64 | 0 | 15,6 | 104 | 0 | 25,0 | 1,8 | 0,3 | 0 | 4,1 | 1,3 | 0 | 383,5 | 329,0 | 238 | 203 | |
| Juillet | 61 | 70 | 208 | 2 | 57,7 | 198 | 14 | 95,8 | 6,0 | 2,2 | 0,1 | 8,3 | 4,0 | 0,5 | 268,1 | 208,1 | 217 | 184 | |
| Août | 66 | 75 | 310 | 13 | 128,7 | 395 | 47 | 218,9 | 8,5 | 3,7 | 0,3 | 13,8 | 6,3 | 0,8 | 189,9 | 123,1 | 189 | 150 | |
| Septembre | 68 | 76 | 189 | 6 | 74,4 | 279 | 58 | 128,7 | 5,9 | 1,9 | 0 | 11,5 | 5,2 | 0,4 | 140,4 | 110,8 | 173 | 149 | |
| Octobre | 60 | 67 | 198 | 0 | 22,0 | 196 | 1 | 47,1 | 3,1 | 1,0 | 0,1 | 5,2 | 2,1 | 0 | 185,1 | 166,1 | 176 | 167 | |
| Novembre | 49 | 49 | 49 | 0 | 2,8 | 33 | 0 | 5,3 | 0,6 | 0,1 | 0 | 0,4 | 0,2 | 0 | 191,1 | 290,3 | 144 | 151 | |
| Décembre | 38 | 37 | 14 | 0 | 0,7 | 31 | 0 | 1,7 | 0,2 | 0 | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 204,1 | 352,4 | 133 | 146 | |
| Année | 45 | 49 | 633 | 98 | 308,2 | 854 | 205 | 530,5 | 28,0 | 9,5 | 0,4 | 45,2 | 19,7 | 1,7 | 3363,1 | 3549,4 | 2218 | 2095 | |

ETUDE DU CLIMAT : Cas de Saint-Louis du Sénégal



on remarque une période très arrosée entre 1916 et 1930, époque à laquelle furent mis en place les réseaux d'observations d'Afrique. Ainsi, en de nombreux lieux, on devait s'étonner ensuite de n'enregistrer que des pluies très inférieures à ces normes établies au cours d'une période favorable (C.T.F.T. 1973 - WISTANLEY 1973).

En outre, les années sèches (c'est-à-dire : de pluviosité inférieure à la moyenne) sont plus nombreuses que les années humides, de sorte que la moyenne arithmétique de pluviosité annuelle est supérieure à la meilleure probabilité de pluie. Il est préférable d'utiliser la médiane, ici 330 mm.

Les années extrêmes sont nombreuses, en particulier des années très humides avant 1920 (650 mm ou plus en 1869, 1881, 1912 et 1918) et très sèches après 1920 (bien que 1913 n'ait reçu que 150 mm et reste dans les souvenirs comme l'équivalent de 1972). Par contre, les années moyennement humides sont plus fréquentes au cours de la période récente et des pluviosités comprises entre 225 et 325 mm ont été plus souvent enregistrées avant 1920.

L'irrégularité des pluies est particulièrement sensible si l'on considère les pluviosités mensuelles. Ainsi, à Saint-Louis les valeurs extrêmes relevées en juillet sont de 5 et 211 mm pour une moyenne de 53 mm, 26 et 477 mm en août (moyenne 158), 5 et 312 mm en septembre (moyenne 107 mm). De nouveau, la probabilité de valeurs faibles pour un mois donné est supérieure à celle de la moyenne et il est préférable de fournir une expression fréquentielle des pluies pour chaque période. Ces remarques sont illustrées (figure 5) pour la ville de Dagana où l'étude fréquentielle des pluies a été réalisée par FRANQUIN (1975).

On voit en outre que, au fur et à mesure que les stations sont plus méridionales, l'irrégularité des précipitations s'estompe. La justification de ces observations semble avoir été donnée par BRUNET MORET (1964) qui a calculé la probabilité de grosses averses en Afrique de l'Ouest : les écarts entre médianes et moyennes pluviométriques se creusent d'autant plus que la probabilité d'orages exceptionnellement violents diminue.

Si maintenant l'on en revient à la période au cours de laquelle ont été réalisées les études à Fété Olé (figure 6), il est probable que les pluies ont été légèrement déficitaires du seul fait de l'année 1972, et les isohyètes pour la période 1965-1974 sont assez voisines des courbes d'isovaleur médiane des pluies, étant bien entendu que de larges fluctuations sont habituelles à cette région.

La répartition spatiale des pluies enfin est souvent méconnue. Si l'on compare la pluviométrie de deux stations proches, on constate que l'écart entre les pluies enregistrées est d'autant plus élevé que l'une des stations a été plus arrosée : si la pluie pour une année déterminée a été

rare en un point du territoire, il y a donc une forte probabilité pour qu'elle ait été faible partout, alors que la réciproque est souvent fausse.

b) - Répartition au cours de l'année : les précipitations tombent chaque année au cours d'un très petit nombre de jours. Ainsi, on a observé à Fété Olé un maximum de 20 pluies au cours d'une année :

| | Nombre de jours de pluie | | | | | année |
|------|--------------------------|---------|------|-----------|---------|-------|
| | juin | juillet | août | septembre | octobre | |
| 1970 | 1 | 3 | 4 | 5 | 0 | 13 |
| 1971 | 0 | 4 | 7 | 2 | 0 | 13 |
| 1972 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 |
| 1973 | 2 | 4 | 6 | 4 | 0 | 16 |
| 1974 | 0 | 4 | 5 | 5 | 0 | 14 |
| 1975 | 0 | 9 | 5 | 5 | 1 | 20 |

En conséquence, les averses sont souvent violentes : un orage de 72 mm est noté en 1971, un autre de 87 mm en 1975, et la zone a reçu en une seule journée plus de 120 mm en 1974.

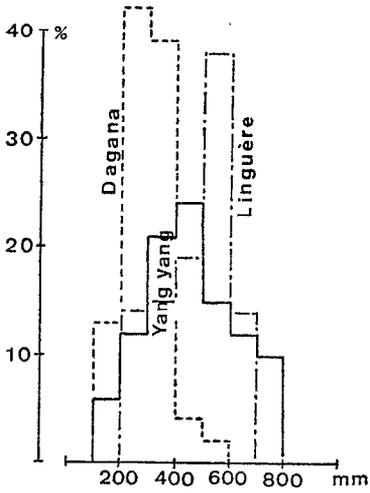
La figure 7 montre, pour l'année 1971, comment s'établissent les pluies : des passages successifs d'orages font évoluer les isohyètes selon des tracés capricieux dont les indentations sont le plus souvent orientées du Sud-Ouest au Nord-Est. Par suite, la station de Dagana, déficitaire fin août, connaît une situation satisfaisante en fin d'année, alors que le village voisin de Fanaye est resté à l'écart des grains ; de même, un axe sec s'est maintenu de Mbacké vers Linguère alors que le village de Boulel a été constamment favorisé.

En conclusion, on peut affirmer qu'il existe chaque année des lieux faiblement arrosés au Sahel, endroits où l'aspect rabougri de la végétation herbacée est noté dans mainte description (NAEGELE, 1971), et que cette végétation sahélienne est certainement adaptée à une pluviosité annuelle inférieure à la moyenne théorique. Cependant, une succession d'années sèches telle la période 1970-1973 est un phénomène rare qui ajoute une valeur particulière aux études conduites au Sénégal dans le cadre du P.B.I.

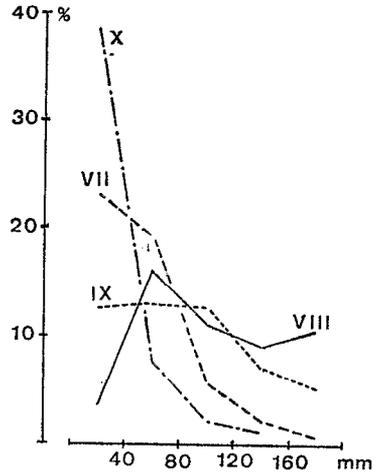
On peut encore retenir comme pluviosité moyenne de Fété Olé la valeur 300 mm atteinte en 1969, 1974 et 1975 et il sera toujours nécessaire dans la suite du texte, pour la compréhension des phénomènes, de rappeler la pluviométrie de l'année correspondant à chaque observation.

Figure 5

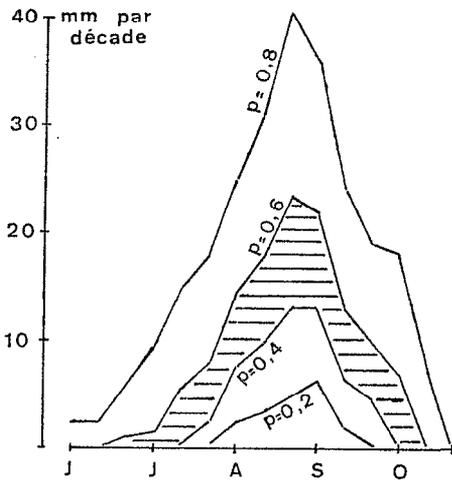
ETUDE DES PRECIPITATIONS



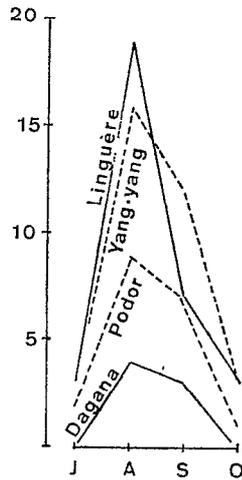
Fréquence des quantités de pluie reçues à Dagana, Yangyang et Linguère.



Fréquence des quantités mensuelles de pluie à Dagana



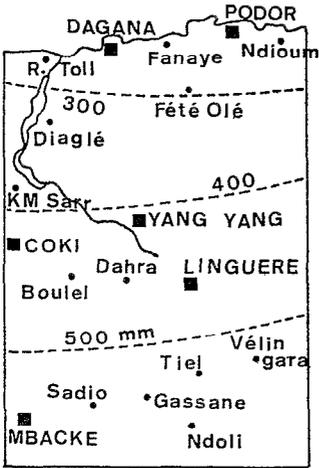
Etude fréquentielle des précipitations à Dagana (d'après Franquin)



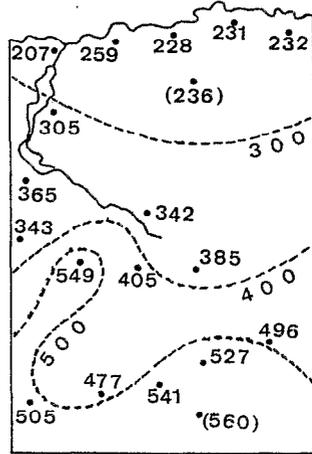
Nombre de décades ayant reçu plus de 100 mm au cours de la période 1940-1974 à divers lieux.

Figure 6

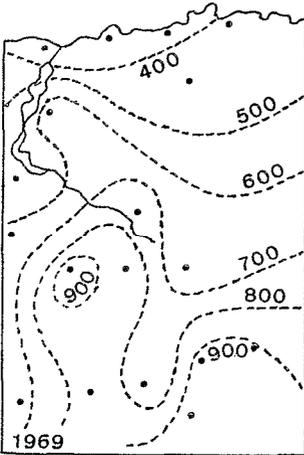
PRECIPITATIONS A FETE OLE



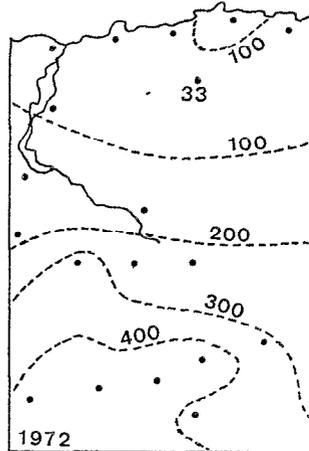
Stations pluviométriques utilisées et courbes d'isovaleurs des médianes pluviométriques



Isohyètes pour la période 1965 - 1974



Isohyètes, année 1969

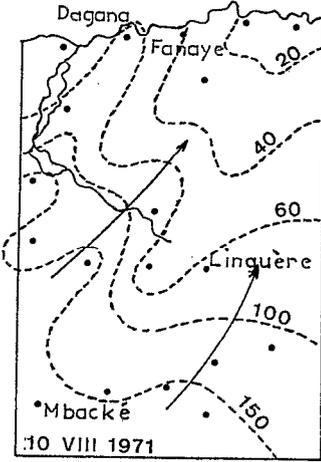


Isohyètes, année 1972

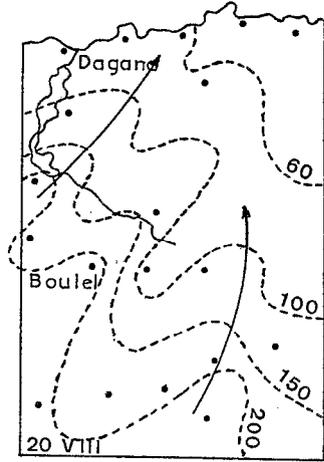
Figure 7

ANALYSE DES PRECIPITATIONS

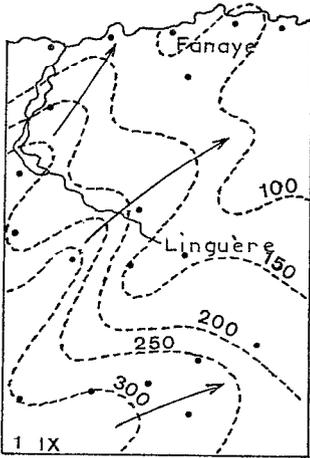
(Année 1971)



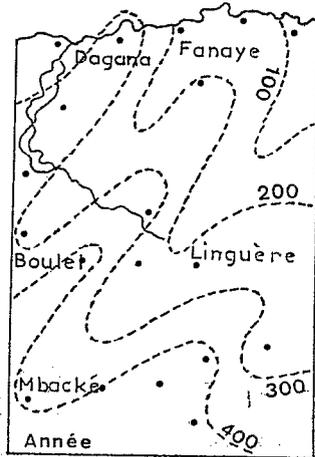
Situation et isohyètes
le 10 Août



Situation le 20 Août



Situation le 1er Septembre



Situation en fin d'année.

RELATIONS ENTRE SOLS ET PRECIPITATIONS

L'influence directe du climat sur les sols se traduit à la fois par l'érosion et par l'état hydrique du substrat.

a) - Erosion : quelques mesures indirectes de l'agressivité de la pluie et du vent ont été obtenues à Fété Olé, en enfonçant dans le sol des bandes de métal à intervalles réguliers le long d'une pente. Ces bandes interceptaient les matériaux déplacés dont on pouvait mesurer l'accumulation au cours d'une période donnée.

En ce qui concerne le vent, l'accumulation de sable a été double en haut par rapport aux obstacles suivants. Pour les pluies, on a constaté que l'entraînement de matériaux est grossièrement proportionnel à la quantité d'eau tombée en 24 heures et à la racine carrée de la pente ; par ailleurs, le transport ne s'effectue que sur de courtes distances et se produit surtout lors des premières pluies. Il est vraisemblable que le sable entraîné par l'eau est surtout celui qui avait été abandonné en haut de pente par les vents et que c'est l'action combinée des deux éléments qui conduit au "sealing", colmatage superficiel qui se traduit par des plages dénudées.

Ces plages dépourvues de végétation existent à Fété Olé, mais leur étendue et leur emplacement sont fluctuant d'une année à l'autre : un début de saison des pluies bien arrosé les réduit considérablement et les difficultés éprouvées par la végétation pour les coloniser pourraient être dues à une mauvaise hydratation superficielle du sol.

b) - L'eau du sol : Cette teneur en eau des sols a été mesurée par gravimétrie chaque mois jusqu'à une profondeur de 2 mètres de 1970 à 1972, ainsi qu'en 1974 et 1975. Les résultats obtenus en 1970 font l'objet de la figure 8 : on constate que le front d'humectation a généralement atteint 180 cm de profondeur, mais les résultats de A. CORNET en 1975 ont montré qu'il ne dépassait pas 2,5 m à l'exception des dépressions où les mesures sont impossibles pendant la submersion.

Si l'on considère alors un système théorique comprenant un sommet, une pente et une dépression présents dans les rapports observés à Fété Olé de 50 p.100, 40 p.100 et 10 p.100, on peut convertir les différences successives d'hydratation du sol en leur équivalent en millimètres d'eau par unité de surface, de façon à obtenir une notion du bilan de l'eau dans chaque site.

Si on attribue à l'évapo-transpiration réelle une valeur cor-

respondant à la perte en eau moyenne du système global, on obtiendrait en 1970 en juillet : 10 mm, en août : 58 mm, en septembre : 77 mm, en octobre et novembre : 38 mm, et en fin de décembre à juin : 19 mm. Les différences observées en un point particulier du système doivent être imputées au ruissellement ou à des mouvements d'eau latéraux à l'intérieur du sol. Ces calculs ont servi à établir le schéma de la figure 9 qui fait ressortir un maximum d'hydratation des sols en août et septembre, cependant que les dépressions bénéficient en juillet et août d'apports par ruissellement ou drainage oblique.

On remarque que les valeurs d'ETr sont faibles par rapport à celles de l'ETm et ne dépassent pas 2,4 mm/jour en sommet et 2 mm sur pente. Seuls les bas-fonds ont, après engorgement, une ETr voisine de l'ETm

L'expérience a montré que la croissance des plantes herbacées commence habituellement après un apport de 40 à 60 mm d'eau, condition réalisée au premier août en 1970 ; elle se poursuit au delà de l'apport de la dernière pluie avec l'utilisation des réserves du sol accessibles aux végétaux, soit 15 à 20 mm pendant une dizaine de jours. La période favorable à la croissance des végétaux aura donc duré en 1970 du 1er août au 10 octobre, et une telle période qu'on peut calculer chaque année sera désignée par "saison des pluies efficaces pour la croissance végétale".

La durée moyenne théorique de la saison des pluies efficaces est de 80 jours à Podor ; elle a pris les valeurs suivantes de 1969 à 1975 :

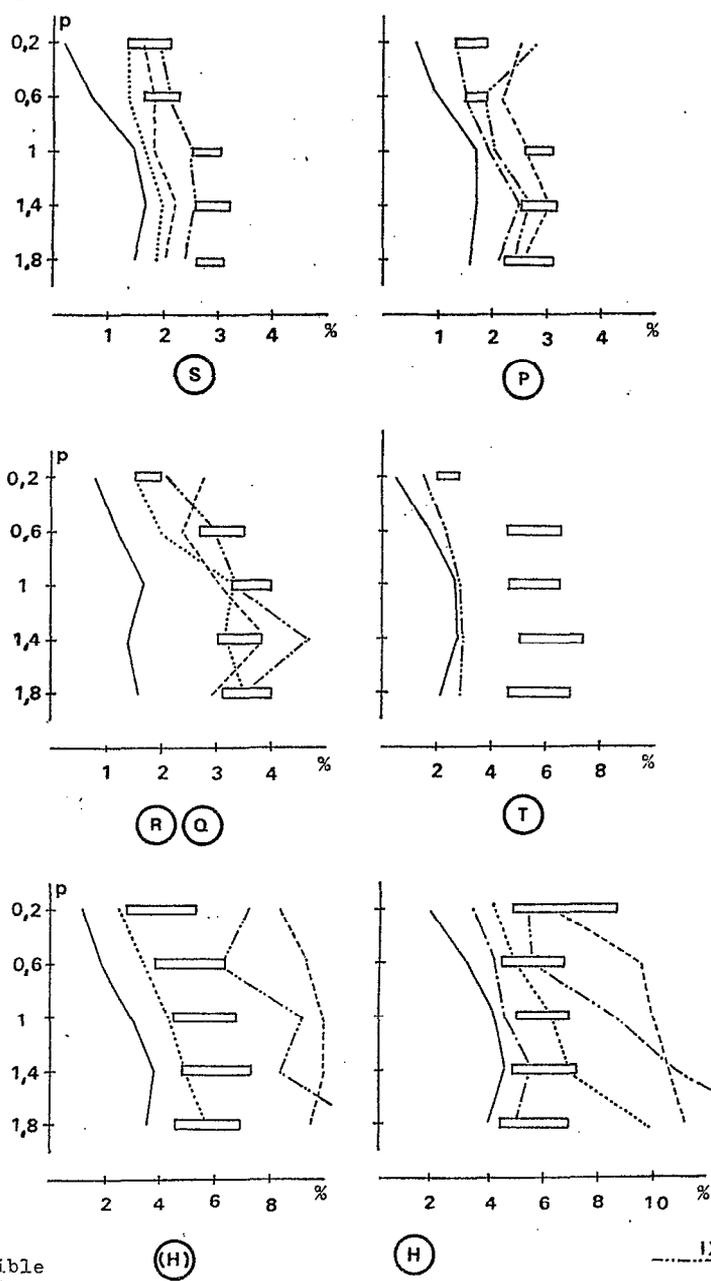
| Année | Pluies efficaces | Année | Pluies efficaces |
|-------|------------------|-----------|------------------|
| 1969 | 110 jours | 1973 | 65 jours |
| 1970 | 70 jours | 1974 | 60 jours |
| 1971 | 55 jours | 1975 | 85 jours |
| 1972 | nulles | (moyenne) | 74 jours |

Cette expression de la pluviosité qui tient compte de la distribution saisonnière des précipitations et de la nature du substrat sera, pour ces raisons, préférée à la pluviométrie.

abscisses: teneurs en eau du sol en % du sol sec (poids)
 ordonnées: profondeurs de mesures (mètres)

S: sommet
 P: pente
 R, Q: bas de pente et replat
 (H): hydromorphie réduite
 H: hydromorphie totale

T: termitière



Eau disponible
 pF 3
 pF 4,2
 pour les végétaux

Evolution de la
 teneur en eau des
 sols en 1970

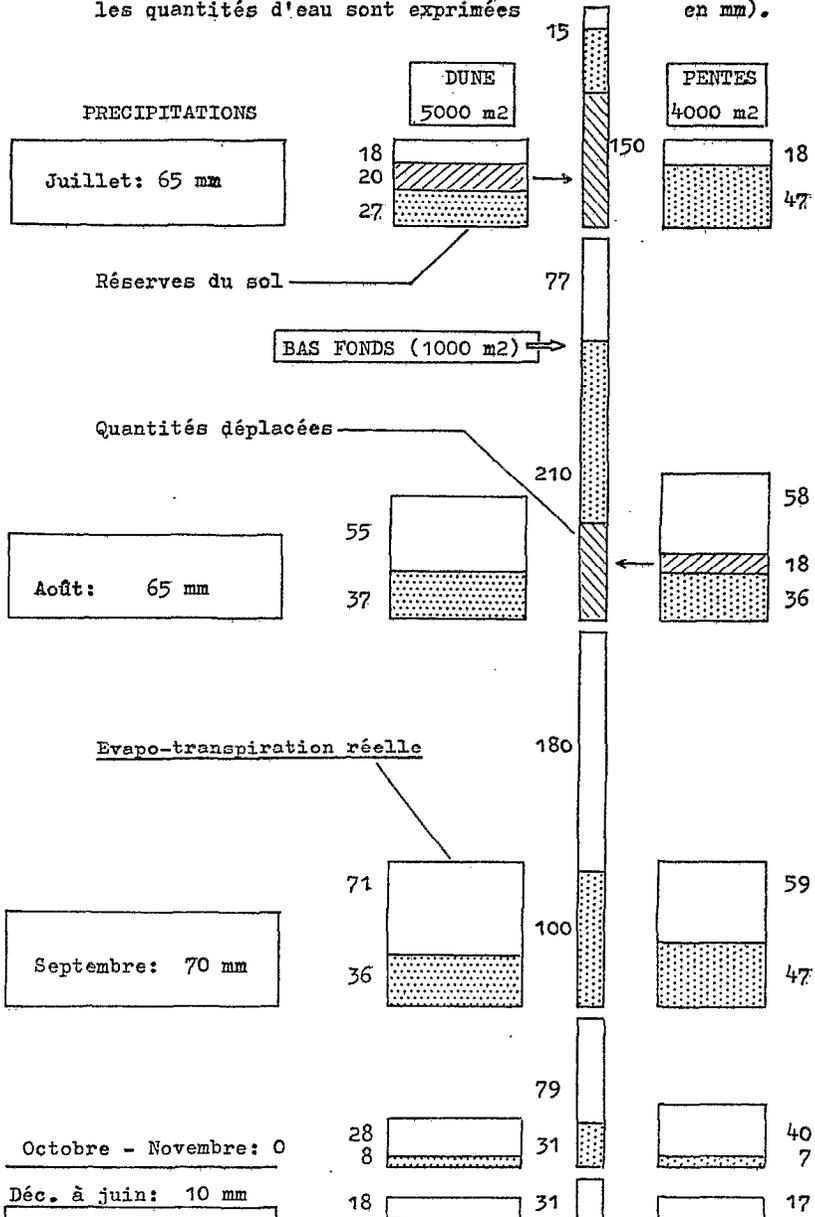
Mois de mesure
 VI
 VIII
 IX
 X
 XII

Figure 8

Figure 9

BILAN DE L'EAU EN 1970 DANS LE SYSTEME

SOL - ATMOSPHERE en fonction de la topographie (toutes les quantités d'eau sont exprimées en mm).



ÉTUDE DESCRIPTIVE DE LA VÉGÉTATION

Le sahel est essentiellement une entité phytogéographique : c'est une savane arbustive dont la strate ligneuse est clairsemée et dont la strate herbacée, floristiquement pauvre, comprend une large majorité d'espèces annuelles. La région de Fété Olé a été reconnue tour à tour par TROCHAIN (1940), puis ADAM (1965) qui en décrit "les prairies estivales à dominance de graminées avec parfois des plages stériles ou portant des formes naines d'espèces en peulement pur, telles *Borreria radiata* ou *Blepharis linearifolia*".

La première carte de végétation du Nord-Sénégal est contemporaine de notre étude (DIALLO et VALENZA, 1972) ; elle distingue 5 types de "parcours" à partir des caractères texturaux des sols dans la région de Fété Olé :

- la végétation des sols squelettiques ou concrétionnés (a) ;
- celle des sols sableux à sablo-argileux (b) ;
- les formations sur sol sablo-argileux à *Balanites* et *Boscia* (c) ;
- la végétation sur sol argilo-sableux à *Combretum glutinosum* et *Acacia raddiana* (e).

Le tableau suivant indique les espèces caractérisant selon ces auteurs, ces 5 unités :

| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Adenium obaesum</i> | + | | | | |
| <i>Tephrosia purpurea</i> | | + | | | |
| <i>Acacia raddiana</i> ou <i>seyal</i> | + | + | | + | + |
| <i>Boscia senegalensis</i> | + | | + | | + |
| <i>Sclerocarya birrea</i> | | + | + | + | |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | + | + | + | + | + |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> | + | + | + | + | + |
| <i>Aristida funiculata</i> | + | | + | | + |
| <i>Aristida mutabilis</i> | | + | + | + | |
| <i>Combretum glutinosum</i> | | | | + | |

Fété Olé porte une végétation de type (c) dont la position moyenne dans l'éventail des formations lui confère une bonne représentativité.

Le qualificatif qui s'applique le mieux à cette formation serait celui de steppe arbustive, telle qu'elle a été définie lors du Congrès de Yangambi (TROCHAIN, 1956) ; formation herbeuse ouverte, mêlée de plantes ligneuses, où les graminées vivaces sont largement espacées, n'atteignant généralement pas 80 cm de hauteur, à feuilles étroites principalement basilaires, et où les plantes annuelles sont souvent abondantes.

La rareté et la distribution irrégulière des arbres ont amené à traiter séparément les strates haute et basse : l'échelle utilisée dans chaque cas, les dimensions des échantillons et le comportement des végétaux étaient différents selon le sujet étudié. En outre, la zonation de la strate herbacée était fluctuante et s'opposait à la stabilité des arbustes : il n'en est pas moins vrai que la séparation des strates correspond ici à un procédé artificiel introduit pour la facilité du travail et qui ne doit pas faire oublier la simultanéité des présences des deux strates.

VEGETATION LIGNEUSE

Sur la zone d'étude, les ligneux ont été recensés exhaustivement, et on en a mesuré la hauteur et la circonférence à 40 cm du sol, valeur imposée par le fait que ces arbustes possèdent souvent des branches basses ; pour les espèces multicaules, seuls la tige la plus grosse a été retenue. On s'est assuré de la valeur de l'échantillonnage par la méthode des moyennes successives (SOUTHWOOD, 1966) et il est apparu que la surface de 25 ha retenue, portant plus de 3.000 ligneux, était satisfaisante pour les espèces les mieux représentées.

Six espèces représentent en nombre d'individus 97 p.100 de la strate arborée et arbustive. Ce sont *Guiera senegalensis*, arbrisseau à petites feuilles grisâtres, *Balanites aegyptiaca*, petit arbre épineux de port variable, *Senecio bialobus*, commun en pourtour des dépressions et abritant souvent de grandes termitières, *Commiphora africana* présent ici à l'état d'individus isolés, *Boscia senegalensis*, dont les feuilles coriaces sont persistantes et *Acacia senegal* dont on exploite la gomme et seul représentant du genre *Acacia* sur le terrain.

Les autres espèces sont plus disséminées ou franchement rares, et deux d'entre elles (*Calotropis procera* et *Dalbergia melanoxylon*) ont disparu du substrat au cours de la période d'observation. On a inclus cependant parmi les espèces importantes *Adansonia digitata*, le baobab, dont la masse imposante ne pouvait être négligée. Les baobabs et *Balanites* sont les seuls arbres qui puissent dépasser 4 à 5 mètres de hauteur.

Les graphiques de la figure 10 indiquent pour les 7 espèces retenues les rapports entre leurs paramètres de dimensions. Il semble que *Guiera* soit généralement de meilleure venue lorsqu'il croît dans les dépressions et qu'on puisse constituer deux sous-populations significativement différentes ($t = 2,76$) :

| Classes de diamètres, cm | Hauteur Population globale | mètres Population des points bas |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 0 à 10 | 2,1 $\bar{+}$ 0,4 | 2,1 $\bar{\pm}$ 0,4 |
| 11 à 15 | 2,8 $\bar{+}$ 0,5 | 2,9 $\bar{\pm}$ 0,6 |
| 16 à 20 | 3,2 $\bar{+}$ 0,4 | 3,5 $\bar{\pm}$ 0,5 |
| 21 et plus | 3,7 $\bar{+}$ 0,5 | 3,9 $\bar{\pm}$ 0,5 |

Sauf *Boscia* et *Balanites*, toutes les espèces sont défoliées pendant une partie de l'année ; de nombreuses floraisons se produisent plus ou moins tard au cours de la saison des pluies, mais *Boscia* et *Commiphora* ne fleurissent qu'en novembre et les *Acacia* ont souvent une deuxième floraison en février ou mars. La phénologie des diverses essences est résumée sur la figure 11 : on notera cependant que la variabilité individuelle est souvent élevée et qu'un retard ou une réduction des précipitations peut modifier le cycle (en 1972, *Adansonia* et *Commiphora* n'ont pas fleuri).

En 1971, il existait en moyenne 133,3 arbres ou arbustes supérieurs à 1 mètre de hauteur pour 1 hectare de terrain ; la densité était étroitement dépendante de la situation topographique envisagée, et en considérant 5 niveaux relatifs sur le terrain, les ligneux se répartissaient comme suit :

| Nombre d'individus par ha | Cote relative, mètres | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-----------|-----------|
| | - 1,2 à - 0,6 | - 0,6 à - 0,2 | - 0,2 à + 0,2 | 0,2 à 0,6 | 0,6 à 1,2 |
| <i>Guiera senegalensis</i> | 116 | 80 | 49 | 50 | 45 |
| <i>Grewia bicolor</i> | 26 | 37 | 4 | 2 | 1 |
| <i>Boscia senegalensis</i> | 17 | 16 | 4 | 4 | 3 |
| <i>Acacia senegal</i> | 8 | 22 | 7 | 5 | 7 |
| <i>Commiphora africana</i> | 10 | 10 | 14 | 15 | 7 |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | 13 | 12 | 13 | 30 | 18 |
| Total | 190 | 177 | 91 | 106 | 81 |

Guiera marque donc une nette préférence pour les bas-fonds tandis que l'optimum écologique de *Grewia* et *Acacia* se situe en bas de pente ; à l'opposé, *Commiphora* et *Balanites* s'installent volontiers sur les points hauts (figure 12a).

En outre, les parcelles les plus basses portent deux fois plus d'arbres que les autres et les comptages effectués sur des parcelles unitaires d'un hectare donnaient des valeurs étagées de 64 à 286 individus. La répartition moyenne par hectare était de 68,5 *Guiera*, 17,3 *Balanites*, 11,2 *Commiphora*, 10,0 *Acacia*, 9,0 *Boscia* et 3,4 individus appartenant aux autres espèces présentes.

La répartition en classes de diamètre des populations était exprimée par le tableau suivant :

| Circonférence | <i>Guiera</i> | <i>Boscia</i> | <i>Grewia</i> | <i>Acacia</i> | <i>Balanites</i> | <i>Commiphora</i> |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|-------------------|
| 0 - 10 | 34,2 | | | | | |
| 10 - 15 | 22,4 | 4,0 | | | | |
| 15 - 20 | 9,1 | 3,3 | 4,7 | 4,0 | 5,2 | |
| 20 - 25 | 2,8 | 1,0 | 2,8 | | | |
| 25 - 30 | | 0,7 | 2,3 | 2,6 | 4,0 | 0,3 |
| 30 - 40 | | | 2,8 | 2,0 | 2,9 | 0,7 |
| 40 - 50 | | | 1,3 | 1,0 | 2,4 | 1,5 |
| 50 - 60 | | | | 0,4 | 1,1 | 2,7 |
| 60 - 80 | | | | | 1,0 | 4,0 |
| au delà | | | | | 0,7 | 1,6 |

Pour 4 des espèces (*Guiera*, *Grewia*, *Acacia* et *Balanites*) , les effectifs cumulés des différentes classes de chaque population peuvent être comparés à la somme des termes de progressions géométriques de la forme $A k^n$. Un tel ajustement est présenté sur les figures 12b à 12d, et les coefficients retenus vérifient évidemment la relation : effectif total

$$= A / (1 - k)$$

Par contre, l'ajustement est impossible pour *Boscia* où la classe de circonférence 15 à 20 cm est anormalement élevée par rapport aux autres, et tout se passe comme si ce stade était fatidique à de nombreux *Boscia*. Or cette espèce s'installe souvent à l'abri d'un autre ligneux (en particulier, *Grewia* : voir à ce sujet la concordance de répartition spatiale des deux arbustes), et on peut penser qu'elle survivrait mal à la disparition de cet abri en dehors duquel elle végète.

De même, la population de *Commiphora* ne comprend pas d'individus jeunes et il semble que la régénération soit devenue de plus en plus difficile depuis quelques dizaines d'années, bien que des germinations aient été régu-

Figure 10

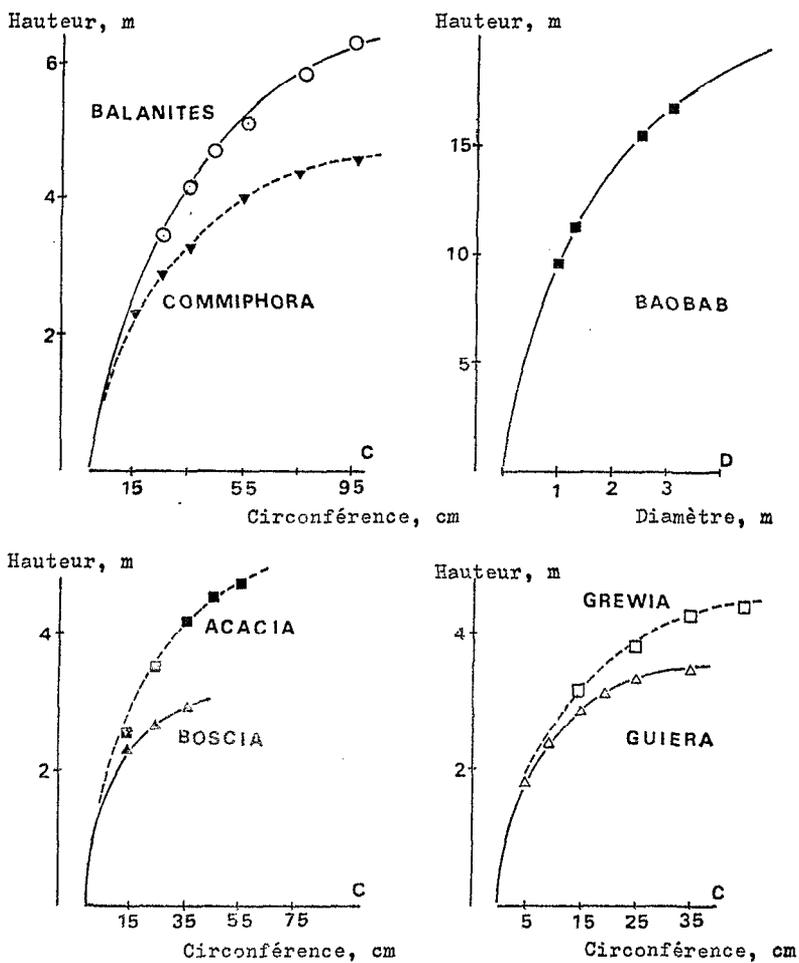
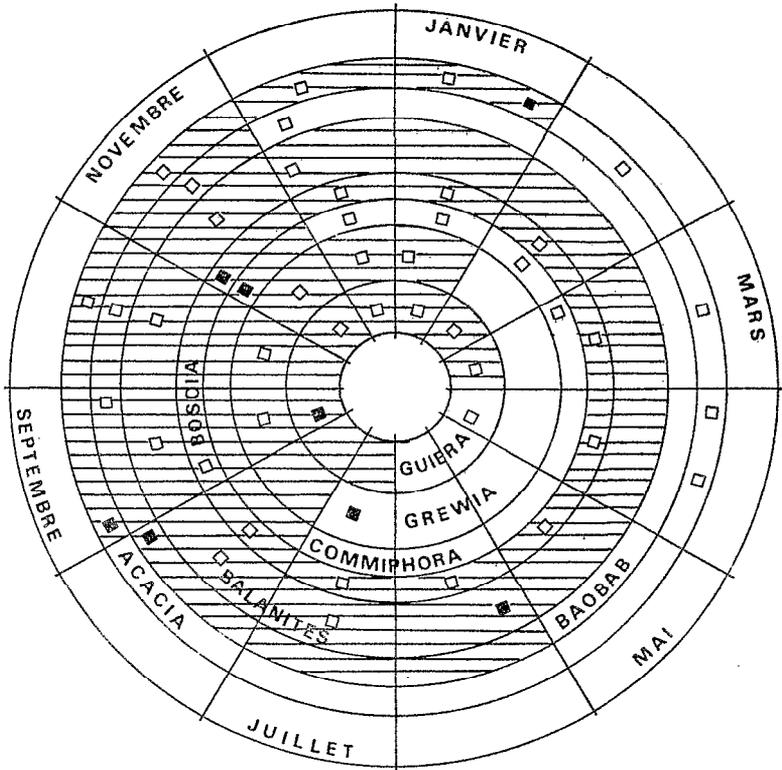


Figure 11

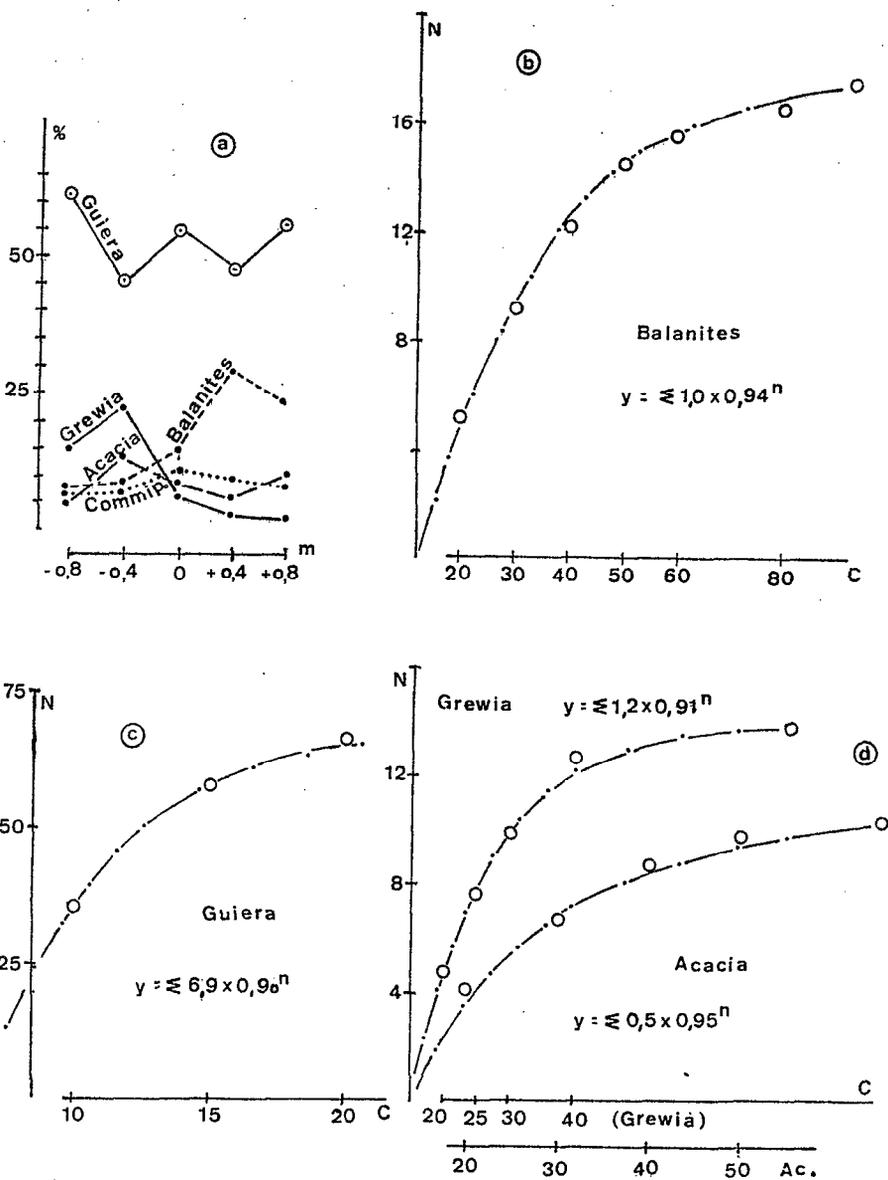


-  Présence de feuilles
-  Floraison
-  Présence de fruits

PHENOLOGIE HABITUELLE DES PRINCIPALES ESPECES LIG. EUSES

ETUDE DES POPULATIONS LIGNEUSES

Figure 12



lièrement observées. La raréfaction de l'espèce serait alors imputable à l'action du bétail dont l'emprise fut rendue possible par la création des forages ; si on ne considère que les individus de plus de 50 cm de circonférence, les paramètres de population seraient : $A = 2$ et $k = 0,94$.

En 1975, un nouvel examen des populations ligneuses fut réalisé sur 5 ha représentatifs et dans les mêmes conditions qu'en 1970. Ce travail avait pour but de dégager les conséquences de la période sèche 1972-73 en fonction des espèces et de la situation topographique où l'on a retenu 3 niveaux dont les cotes relatives sont comprises entre : - 1,2 et - 0,2 m ; - 0,2 et + 0,2 et 1,2 m. (tableau III).

D'une façon générale, les points hauts présentent en 1975 un tiers seulement de la strate ligneuse d'origine, mais le boisement a augmenté dans les creux ainsi qu'on pouvait espérer par suite de la mise en défens, de sorte que globalement les arbustes n'ont diminué que de 20 p.100. Les espèces les plus affectées ont été *Acacia* et *Commiphora* dont le nombre a été réduit de plus de moitié ; *Grewia* et *Balanites* ont été peu touchés et leur effectif est en augmentation normale ; *Guiera* n'a été atteint que sur les parties hautes et on assiste à un envahissement généralisé par *Boscia*.

Si l'on admet provisoirement que tous les arbustes ont changé de classe de circonférence au cours de la période 1970-75 et que l'accroissement moyen de circonférence a été compris entre 15 et 20 mm pour *Guiera*, une mortalité habituelle aurait restreint à la fin de la période le nombre d'individus de plus de 15 cm de circonférence à 25, 24 et 62 arbustes/ha selon le site ; les valeurs observées (1, 29 et 35) démontrent une mortalité exceptionnelle de 41 p.100.

Un calcul analogue fait ressortir une mortalité imputable à la sécheresse de l'ordre de 60 p.100 pour *Acacia* et *Commiphora* dont les populations se sont rajeunies. Le raisonnement confirme les mesures de POUPON (1972) qui avait établi la disparition de 53 p.100 des *Acacia* et 40 à 60 p.100 des *Guiera* et on peut estimer que la sécheresse n'a été réellement dommageable que pour les espèces en limite d'aire géographique.

Tableau III - EVOLUTION DES POPULATIONS
LIGNEUSES A FETE OLE ENTRE 1970 ET 1975

| Classe de circonférence | | 0 - 10 | 11 - 15 | 16 - 20 | 21 - 25 | 26 - 30 | 31 - 40 | 41 - 50 | 51 - 60 | 61 - 80 | 81 et + | TOTAL |
|-------------------------|------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Cotes + 0,2 à + 1,2 m | | | | | | | | | | | | |
| <i>Guiera</i> | 1975 | 1 | 2 | 0 | 1 | | | | | | | 4 |
| | 1970 | (29) | (19) | (7) | (2) | | | | | | | (57) |
| <i>Boscia</i> | 1975 | | 4 | 2 | 1 | | | | | | | 7 |
| | 1970 | | (3) | (2) | (1) | | | | | | | (6) |
| <i>Balanites</i> | 1975 | | | 9 | | 8 | 10 | 4 | 3 | 1 | | 35 |
| | 1970 | | | (6) | | (8) | (6) | (3) | (1) | (2) | (1) | (27) |
| <i>Grewia</i> | 1975 | | | | | | | | | | | (0) |
| | 1970 | | | | (1) | | | | | | | (1) |
| <i>Acacia</i> | 1975 | | | (1) | | | | | | | | 1 |
| | 1970 | | | (3) | | (2) | (1) | (1) | | | | (7) |
| <i>Commiphora</i> | 1975 | | | | | | | 1 | | 1 | | 2 |
| | 1970 | | | | | (1) | (1) | (1) | (2) | (1) | (1) | (7) |
| Cotes -0,2 à +0, 2 m | | | | | | | | | | | | |
| <i>Guiera</i> | 1975 | 31 | 26 | 17 | 5 | 6 | | | | | | 85 |
| | 1970 | (27) | (17) | (6) | (5) | | | | | | | (55) |
| <i>Boscia</i> | 1975 | | 82 | 5 | 3 | 2 | | | | | | 92 |
| | 1970 | | (4) | (3) | (1) | (2) | | | | | | (10) |
| <i>Balanites</i> | 1975 | | | 8 | | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 | | 21 |
| | 1970 | | | (4) | | (3) | (3) | (2) | (2) | | | (14) |
| <i>Grewia</i> | 1975 | | | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | | | | 15 |
| | 1970 | | | (4) | (3) | (2) | (2) | (1) | | | | (12) |
| <i>Acacia</i> | 1975 | | | 4 | | 2 | 1 | | | | | 7 |
| | 1970 | | | (5) | | (2) | (1) | (1) | | | | (11) |
| <i>Commiphora</i> | 1975 | | | 2 | | | | | 1 | 1 | | 4 |
| | 1970 | | | (1) | | | (1) | (2) | (3) | (1) | | (8) |
| Cotes - 1,2 à - 0,2 m | | | | | | | | | | | | |
| <i>Guiera</i> | 1975 | 53 | 78 | 25 | 10 | | | | | | | 166 |
| | 1970 | (83) | (50) | (14) | (6) | | | | | | | (153) |
| <i>Boscia</i> | 1975 | | 32 | 15 | 2 | 4 | | | | | | 53 |
| | 1970 | | (8) | (7) | (2) | (2) | | | | | | (19) |
| <i>Balanites</i> | 1975 | | 11 | | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | 23 |
| | 1970 | | (4) | | (3) | (2) | (1) | (1) | (1) | | | (12) |
| <i>Grewia</i> | 1975 | | 12 | 11 | 8 | 6 | 6 | | | | | 43 |
| | 1970 | | (13) | (8) | (7) | (8) | (3) | | | | | (39) |
| <i>Acacia</i> | 1975 | | 4 | | | | | | | | | 4 |
| | 1970 | | (4) | | (2) | (2) | (1) | | | | | (9) |
| <i>Commiphora</i> | 1975 | | 2 | | | | 1 | | | | | 3 |
| | 1970 | | (1) | | (1) | (1) | | (2) | (1) | | | (6) |
| Arbres par ha | | | | | | | 1975 | 1970 | | | | |
| cotes - 1,2 à - 0,2 | | | | | | | 292 | 238 | | | | |
| cotes - 0,2 à + 0,2 | | | | | | | 224 | 110 | | | | |
| cotes + 0,2 à + 1,2 | | | | | | | 39 | 105 | | | | |

VEGETATION HERBACEE

La végétation herbacée a été étudiée à partir de 150 relevés floristiques sur des surfaces variant de 4 à 25 m² selon la densité de cette végétation et choisies en fonction de leur position dans les toposéquences. Pour les mesures plus complexes, telles le nombre d'individus présents par unités de surface, on a utilisé en outre 60 plots de 0,25 m² et 200 m de lignes fixes matérialisées sur le terrain.

Les relevés ont été comparés entre eux selon la méthode de G. et M. ROUX (1957) qui utilise l'analyse factorielle des correspondances entre les observations ; les relevés (ou les espèces) considérés comme un ensemble de réalisations d'une variable aléatoire sont classés dans un espace à n dimensions en fonction de leurs affinités et projetés sur des plans définis par les axes d'élongation principale du système ainsi créé.

Le traitement peut s'effectuer à partir de la seule présence ou absence des espèces au sein des relevés, ou en faisant intervenir le coefficient d'abondance-dominance de BRAUN-BLANQUET (1964). La méthode permet une objectivité totale dans la définition des groupements dont l'homogénéité et l'individualisation peuvent être caractérisées par la densité et l'éloignement des constellations représentatives des groupements, mais les groupements ne peuvent être assimilés à des associations végétales.

103 espèces herbacées ont été reconnues à Fété Olé (cf. tableau IV) et la plupart d'entre elles sont des plantes annuelles, puisqu'il n'y a que 2 géophytes et 10 hémicryptophytes ; les Graminées représentent plus du tiers des espèces.

Groupements herbacés (1969)

La figure 13 reproduit le classement des relevés dans le plan défini par les deux premiers axes en fonction du critère : présence-absence des espèces, et fait ressortir trois grands groupes de relevés :

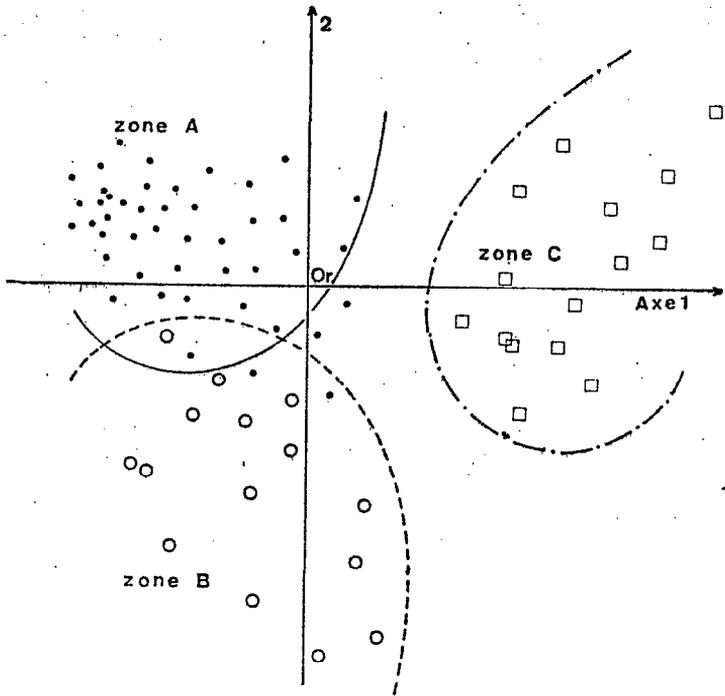
- un groupe d'ordonnées positives et d'abscisses négatives qui comprend des relevés effectués sur dune (zone A) ;
- un groupe d'ordonnées et abscisses généralement négatives pour les relevés comprenant des ligneux (zone B) ;
- un groupe d'abscisses positives avec les relevés situés dans les dépressions ou en périphérie (zone C).

Tableau IV - LISTE DES ESPECES RENCONTREES

| ESPECES | FAMILLE | EXEMPLES DE RELEVES REPRESENTATIFS DES GROUPEMENTS | | | | | | | | | |
|---|----------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | B ₁ | B ₂ | A ₁ | A ₁ | A ₂ | A ₄ | A ₄ | A ₃ | C ₁ | C ₂ |
| <i>Acacia senegal</i> (L.) Willd. | Mimosaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Achyranthes argentea</i> Lam. | Amaranthaceae | + | . | . | . | . | . | . | . | + | |
| <i>Adansonia digitata</i> L. | Bombacaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Adenium obaesum</i> (Forsk.) Roem. et Sch. | Apocynaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Aeschynomene indica</i> L. | Papilionaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Alternanthera nodiflora</i> R. Br. | Amaranthaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S. et Th.) Léon | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | + | | | |
| <i>Andropogon gayanus</i> Stapf | Gramineae | | | | | | | | | | |
| <i>A. pinguipe</i> Stapf | Gramineae | | | | | | | | | | |
| <i>Aristida adscensionis</i> L. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | |
| <i>A. funiculata</i> Trin. et Rupr. | Gramineae | + | 1 | 1 | 2 | 4 | + | . | 1 | | |
| <i>A. mutabilis</i> Trin. | Gramineae | . | 2 | 1 | 3 | + | 2 | 1 | 2 | | |
| <i>A. sieberana</i> Trin. | Gramineae | . | . | . | . | + | . | . | + | . | + |
| <i>A. stipoides</i> Lam. | Gramineae | . | + | . | . | . | + | . | . | + | |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del. | Simaroubaceae | 2 | + | | | | | | | | |
| <i>Blainvillaea gayana</i> Cass. | Compositae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 |
| <i>Blepharis linariifolia</i> Pers. | Acanthaceae | . | 1 | . | . | 1 | + | . | + | | |
| <i>B. maderaspatensis</i> (L.) Heyne | Acanthaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Boehrvia graminicola</i> Berh. | Nyctaginaceae | . | . | . | . | . | . | + | | | |
| <i>Borreria chaetocephala</i> (DC.) Hepp. | Rubiaceae | . | . | + | | | | | | | |
| <i>B. radiata</i> DC. | Rubiaceae | + | . | . | . | . | . | . | + | | |
| <i>B. stachydea</i> Hutch. et Dalz. | Rubiaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + |
| <i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. | Capparidaceae | + | | | | | | | | | |
| <i>Brachiaria distichophylla</i> Stapf | Gramineae | . | . | . | . | . | + | . | . | . | + |
| <i>B. ramosa</i> Stapf | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 |
| <i>B. xantholeuca</i> Stapf | Gramineae | 2 | | | | | | | | | |
| <i>Bulbostylis barbata</i> C.B.Cl. | Cyperaceae | . | + | . | + | + | | | | | |
| <i>Cadaba farinosa</i> Forsk. | Capparidaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Calotropis procera</i> Ait. | Asclepiadaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Caralluma retropiciens</i> (Ehrenb.) N.E.Br. | Asclepiadaceae | | | | | | | | | | |

Figure 13

CLASSEMENT DES RELEVES FLORISTIQUES (Critère:
Présence - Absence)



- Relevés réalisés dans les dépressions
- Relevés sur dune ou pentes
- Relevés hors dépressions, végétation sciaphile

Tableau IV (suite)

| ESPECES | FAMILLE | B ₁ | B ₂ | A ₁ | A ₁ | A ₂ | A ₄ | A ₄ | A ₃ | C ₁ | C ₂ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Cassia mimosoides</i> | Cesalpiniaceae | . | . | + | . | . | + | | | | |
| <i>C. nigricans</i> Vahl. | Cesalpiniaceae | . | . | . | . | . | . | | | | |
| <i>C. tora</i> L. | Cesalpiniaceae | . | . | . | . | . | . | | | | |
| <i>Cenchrus biflorus</i> Roxb. | Gramineae | . | . | + | . | . | . | + | + | | |
| <i>C. prieurii</i> Maire | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | + | | |
| <i>Ceratothera sesamoides</i> Endl. | Pedaliaceae | . | . | . | . | . | + | | | | |
| <i>Chloris pilosa</i> Sch. et Thonn. | Gramineae | . | 1 | . | + | . | + | 1 | | | |
| <i>C. prieurii</i> Maire | Gramineae | 1 | . | . | . | . | + | + | | | |
| <i>Cleome monophylla</i> L. | Capparidaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>C. tenella</i> L. | Capparidaceae | . | . | . | + | . | . | . | . | | |
| <i>C. viscosa</i> L. | Capparidaceae | + | . | . | . | . | . | . | . | | + |
| <i>Colocynthis citrullus</i> (L.) O. Kuntz. | Cucurbitaceae | . | . | + | . | . | . | . | . | | |
| <i>Combretum aculeatum</i> Vent. | Combretaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | + |
| <i>C. micranthum</i> G. Don. | Combretaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>Commelina forekalaei</i> Vahl. | Commelinaceae | + | . | . | . | . | + | . | + | | |
| <i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl. | Burseraceae | . | . | . | . | . | . | + | | | |
| <i>Corallocarpus corallinus</i> (Fenz.) Cogn. | Cucurbitaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>Corchorus olitorius</i> L. | Tiliaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>C. tridens</i> L. | Tiliaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | + |
| <i>Crotalaria perottetii</i> DC. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>C. af. senegalensis</i> (Pers.) Bacl. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>Ctenium elegans</i> Kunth. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | + | | |
| <i>Cucumis melo</i> L., var. <i>agrestis</i> | Cucurbitaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>Cyperus amabilis</i> Vahl. | Cyperaceae | . | . | + | . | . | . | . | . | | |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> Beauv. | Gramineae | + | . | + | . | . | 1 | 1 | . | 1 | |
| <i>Dalbergia melanoxylon</i> Guill. et Perr. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>Digitaria gayana</i> Stapf ex. A. Chev. | Gramineae | + | + | . | 1 | + | + | . | . | | |
| <i>D. horizontalis</i> Willd. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | | + |
| <i>Diheteropogon hagerupii</i> Hitch. | Gramineae | . | . | 3 | . | . | 1 | + | . | | + |
| <i>Dipcadi longifolium</i> Bak. | Liliaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | | |
| <i>Echinochloa colona</i> Link. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | | 2 |
| <i>Eliconurus elegans</i> Kunth. | Gramineae | . | + | + | + | . | . | . | . | | |

Tableau IV (suite 2)

| ESPECES | FAMILLE | B ₁ | B ₂ | A ₁ | A ₁ | A ₂ | A ₄ | A ₄ | A ₃ | C ₁ | C ₂ |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Eragrostis cilianensis</i> Lutati | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + |
| <i>E. ciliaris</i> R.Br. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>E. pilosa</i> P. Beauv. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>E. squarita</i> Steud. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . |
| <i>E. tremula</i> Hochst. | Gramineae | . | . | . | . | . | 2 | 1 | . | . | . |
| <i>Euphorbia aegyptiaca</i> Boiss. | Euphorbiaceae | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| <i>E. sudanica</i> A. Chev. | Euphorbiaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Feretia apodanthera</i> Del. | Rubiaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . |
| <i>Fimbristylis hispidula</i> Vahl. | Cyperaceae | . | 1 | . | . | 1 | . | + | . | . | . |
| <i>Gisekia pharmaceoides</i> L. | Molluginaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Grewia bicolor</i> Juss. | Tiliaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>G. tenax</i> (Forsk.) Fiori | Tiliaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Guiera senegalensis</i> J.F. Gmel. | Combretaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Gynandropsis gymandra</i> (L.) Briq. | Capparidaceae | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Heliotropium bacciferum</i> (L.) Briq. | Borraginaceae | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>H. strigosum</i> Willd. | Borraginaceae | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . |
| <i>Hibiscus diversifolius</i> Jacq. | Malvaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>H. sidiiformis</i> Baill. | Malvaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Indigofera aspera</i> Perr. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>I. astragalina</i> DC. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>I. diphylla</i> Vent. | Papilionaceae | . | . | 1 | . | . | + | . | 1 | . | . |
| <i>I. secundiflora</i> Poir. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + |
| <i>I. senegalensis</i> Lam. | Papilionaceae | + | . | . | . | . | . | + | . | . | . |
| <i>Ipomoea dichroa</i> Choisy | Convolvulaceae | + | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| <i>I. pes-tigridis</i> L. | Convolvulaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Kohautia senegalensis</i> Cham. et Sch. | Rubiaceae | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . |
| <i>Kyllinga welwitschii</i> C.B.Cl. | Cyperaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forsk.) Decne. | Asclepiadaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Lepturella aristata</i> Stapf | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Limnium pterocarpum</i> (Gay) Heim. | Molluginaceae | . | + | . | . | . | + | . | . | . | . |
| <i>L. viscosum</i> (Gay) Fenzl. | Molluginaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Merremia aegyptiaca</i> (L.) Urb. | Convolvulaceae | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| <i>M. pinnata</i> (Hoch.) Hallier | Convolvulaceae | . | . | . | . | . | + | + | . | . | + |

Tableau IV (suite 3)

| ESPECES | FAMILLE | B ₁ | B ₂ | A ₁ | A ₁ | A ₂ | A ₄ | A ₄ | A ₃ | C ₁ | C ₂ |
|--|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Mollugo nudicaulis</i> Lam. | Molluginaceae | . | . | + | . | + | | | | | |
| <i>Monschia senegalensis</i> Guill. et Perr. | Geraniaceae | . | + | . | + | + | | | | | |
| <i>Ocimum basilicum</i> L. | Labiatae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Panicum trichanthum</i> Herb. | Liliaceae | . | . | . | . | + | | | | | |
| <i>Panicum humile</i> Nees. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 |
| <i>P. laetum</i> Kunth. | Gramineae | 3 | . | . | . | . | . | . | . | 3 | |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin. | Gramineae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Polycarpaea linearifolia</i> DC. | Caryophyllaceae | . | 1 | . | 1 | 1 | + | | | | |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | Portulacaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Pupalia lappacea</i> (L.) Juss. | Amaranthaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Pycurus macrostachyus</i> Cherm. | Cyperaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Schizachyrium exile</i> Stapf | Gramineae | | | | | | | | | | |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth. | Gramineae | . | 2 | 2 | 3 | + | . | 2 | 1 | | |
| <i>Sclerocarya birrea</i> A. Rich. | Anacardiaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Scirpus praelongatus</i> Poir. | Cyperaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Sesamum alatum</i> Thonn. | Pedaliaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Scoparia dulcis</i> L. | Scrophulariaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Tephrosia purpurea</i> Pers. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | + | | | |
| <i>Tetrapogon spathaceus</i> Hack. | Gramineae | | | | | | | | | | |
| <i>Tinospora bakis</i> (A. Rich.) Miers. | Menispermaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | |
| <i>Tragus racemosus</i> (L.) Allion. | Gramineae | | | | | | | | | | |
| <i>Trianthema portulacastrum</i> L. | Ficoidaceae | + | . | . | . | + | | | | | |
| <i>Tribulus terrestris</i> L. | Zygophyllaceae | + | | | | | | | | | |
| <i>Trichoneura mollis</i> (Kunth.) Eckm. | Gramineae | | | | | | | | | | |
| <i>Triumfetta pentandra</i> A. Rich. | Tiliaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | + | |
| <i>Tripogon minimus</i> Hochst. | Gramineae | . | . | . | + | | | | | | |
| <i>Vigna racemosa</i> (G. Don) Hutch. et Dalz. | Papilionaceae | | | | | | | | | | |
| <i>Vigna</i> sp. | Papilionaceae | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + |
| <i>Zornia glochidiata</i> Reichb. | Papilionaceae | . | . | 1 | . | . | + | . | + | . | 3 |
| <i>Elaiophus mauritiana</i> Lam. | Rhamnaceae | | | | | | | | | | |

Les projections selon les axes 3 et 4 d'une part, et le traitement des informations en tenant compte de l'abondance-dominance d'autre part, permettent d'affiner l'image et de sub-diviser les 3 grands groupes en 8 unités qui seront considérées comme groupements végétaux.

A₁ . Sommets de dune à *Aristida mutabilis* et *Schoenefeldia gracilis* dominantes, avec :

| | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| <i>Aristida funiculata</i> | <i>Fimbristylis hispidula</i> |
| <i>Blepharis linariifolia</i> | <i>Kohautia senegalensis</i> |
| <i>Cenchrus biflorus</i> | <i>Limeum pterocarpum</i> |
| <i>Chloris pilosa</i> | <i>Polycarpaea linearifolia</i> |
| <i>Cleome monophylla</i> | <i>Monsonia senegalensis</i> |
| <i>Digitaria gayana</i> | <i>Pancreatium trianthum</i> |
| <i>Elionurus elegans</i> | <i>Tragus racemosus</i> |
| <i>Eragrostis tremula</i> | |

A₂ . Pentes hautes à végétation clairsemée, où *Aristida funiculata* *Polycarpaea* et *Blepharis* sont plus fréquents que précédemment ; d'autres espèces non graminéennes s'y installent :

| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| <i>Bulbostylis barbata</i> | <i>Gisekia pharnaceoides</i> |
| <i>Heliotropium strigosum</i> | <i>Limeum diffusum</i> |
| <i>Mollugo nudicaulis</i> | |

A₃ . Groupements à *Eragrostis tremula*, *Aristida stipoides* et *Ctenium elegans* ou *Cenchrus* spp. Il occupe les sols à tendance hydromorphe des replats et ensellements et comprennent aussi, outre les graminées du groupement A₁ :

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| <i>Crotalaria perottetii</i> | <i>Vigna</i> sp. |
| <i>Indigofera pilosa</i> | <i>Merremia pinnata</i> |
| <i>Indigofera diphylla</i> | <i>Boehrovia graminicola</i> |
| <i>Borreria stachyidea</i> | |

La présence d'*Aristida sieberana* pourrait être un terme de passage vers le groupement A₁, ainsi que les plages à *Cenchrus biflorus* et *Cenchrus prieurii*.

A₄ . Bas de pente à *Diheteropogon hagerupii*, *Alysicarpus ovalifolius* et *Dactyloctenium aegyptium*, *Schoenefeldia* et *Aristida* spp. sont toujours présentes avec un cortège varié :

| | |
|----------------------------------|--|
| <i>Commelina forskalaei</i> | <i>Cyperus amabilis</i> |
| <i>Corchorus tridens</i> | <i>Eragrostis ciliaris</i> et <i>E. pilosa</i> |
| <i>Cleome viscosa</i> | <i>Euphorbia aegyptiaca</i> |
| <i>Cassia mimosoides</i> | <i>Indigofera astragalina</i> et |
| <i>Brachiaria distichophylla</i> | <i>Indigofera diphylla</i> |
| | <i>Borreria</i> spp. |

B₁ . Végétation sciaphile hors dépressions : on n'y retrouve qu'à de rares exemplaires les graminées précédentes, remplacées par *Chloris prieurii*, *Brachiaria xantholeuca* et *Panicum laetum*. Sont encore fréquentes :

| | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| <i>Digitaria horizontalis</i> | <i>Achyranthes aspera</i> |
| <i>Tribulus terrestris</i> | <i>Gynandropsis gynandra</i> |
| <i>Merremia aegyptiaca</i> | <i>Trianthema portulacastrum</i> |

B₂ . Aux abords des termitières, on passe de la zone dénudée au groupement précédent par une frange à *Aristida funiculata*, *Chloris prieurii*, *Tripogon minimus* et parfois :

Bulbostylis barbata ou *Tetrapogon spathaceus*

C₁ . La couronne arbustive (*Guiera*, *Combretum* spp., *Cadaba*, *Feretia*, *Tinospora*, *Ziziphus*) des dépressions comporte une strate basse graminéenne à *Pennisetum pedicellatum* et *Andropogon pinguipes*, avec :

Achyranthes aspera
Digitaria horizontalis
Sesamum alatum

ou encore une formation où dominent les Dicotylédones :

| | |
|--------------------------------|---|
| <i>Indigofera secundiflora</i> | <i>Ipomoea pilosa</i> et <i>I. pes-tigridis</i> |
| <i>Triumfetta pentandra</i> | <i>Blepharis maderaspathensis</i> |
| <i>Merremia aegyptiaca</i> | <i>Cassia tora</i> |
| <i>Hibiscus diversifolius</i> | <i>Vigna</i> sp. |
| <i>Indigofera astragalina</i> | |

C₂ . Les centres des dépressions sont dépourvus de ligneux et portent *Zornia glochidiata* et des Panicées : *Echinochloa colona*, *Panicum humile*. En outre :

| | |
|------------------------------|--|
| <i>Pycreus macrostachyus</i> | <i>Eragrostis cilianensis</i> |
| <i>Blainvillea gayana</i> | <i>E. pilosa</i> et <i>E. squamata</i> |
| <i>Brachiaria ramosa</i> | <i>Kyllinga welwitschii</i> |
| <i>Andropogon gayanus</i> | <i>Schizachyrium exile</i> ... |

Le degré de spécificité des divers groupements est précisé dans le tableau ci-après qui indique les dimensions de chaque constellation et les distances entre les centres de ces nuages de points (critères : présence-absence ; axes 1 et 2) :

| | | $A_1 + A_2$ | $A_3 + A_4$ | $B_1 + B_2$ | C_1 | C_2 |
|-------------|----|-------------|-------------|-------------|-------|-------|
| $A_1 + A_2$ | dx | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 1,7 | 2,0 |
| | dy | 0,5 | 0,1 | 0,9 | 0,4 | 0,2 |
| $A_3 + A_4$ | dx | | 1,1 | 0,3 | 1,0 | 1,6 |
| | dy | | 1,6 | 0,8 | 0,3 | 0,3 |
| $B_1 + B_2$ | dx | | | 1,1 | 1,3 | 1,6 |
| | dy | | | 1,6 | 0,5 | 1,1 |
| C_1 | dx | | | | 0,5 | 0,3 |
| | dy | | | | 0,6 | 0,8 |
| C_2 | dx | | | | | 0,8 |
| | dy | | | | | 0,8 |

Les groupements A_3 , A_4 et B apparaissent donc comme les plus variables, mais B est bien individualisé par rapport aux ensembles A et C, alors que A_3 et A_4 restent proches de A_1 et A_2 . C'est pourquoi on n'a retenu pour la suite des travaux que les trois subdivisions principales A, B et C, faisant abstraction de nuances éventuellement peu perceptibles sur le terrain.

Composition floristique quantitative des groupements (1970-71) et leur extension relative.

Le tableau qui suit indique le nombre d'individus par m² de terrain dans les 3 cas envisagés. Ces valeurs correspondent à des années de pluviosité médiocre et des contrôles effectués en 1974 et 1975 ont fourni des résultats sensiblement différents consignés à la suite.

| Espèce | Groupement A | Groupement B | Groupement C |
|--|--------------|--------------|--------------|
| <i>Aristida funiculata</i> | 19,8 | } | 9,4 |
| <i>Aristida mutabilis</i> | 18,6 | | |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> | 12,4 | 8,2 | |
| <i>Cenchrus</i> spp. | 0,6 | | |
| <i>Brachiaria xantholeuca</i> | | 17,8 | |
| <i>Chloris prierii</i> | | 25,0 | |
| <i>Panicum laetum</i> | | 24,6 | |
| <i>Digitaria horizontalis</i> | | 8,4 | |
| <i>Diheteropogon + Andropogon</i> | | 6,6 | 11,2 |
| <i>Echinochloa colonum</i> | | | 27,4 |
| <i>Panicum humile</i> | | | 30,6 |
| <i>Brachiaria ramosa + Pennisetum pedic.</i> | | | 21,0 |
| <i>Eragrostis</i> spp. | | | 12,8 |
| Autres Graminées | 9,4 | 7,4 | 11,4 |
| Cyperacées | 4,0 | 12,8 | 10,4 |
| <i>Elepharis + Polycarphaea</i> | 5,2 | 5,4 | |
| <i>Zornia glochidiata</i> | | | 70,4 |
| <i>Indigofera</i> spp. | 1,0 | 4,4 | 3,6 |
| Autres Dicotylédones | 5,2 | 10,4 | 21,0 |
| Totaux 1970-71 | 76,2 | 145,4 | 229,4 |
| Totaux 1974 | 88 | 184 | 212 |
| Totaux 1975 | 95 | 151 | 368 |

Par suite, les résultats de 1971 ne peuvent être généralisés à toute la période d'étude et ne sont qu'une illustration de l'importance relative des différents taxons à l'intérieur des groupements. De même, la localisation des groupements sur le terrain varie selon les années et le document présenté en annexe doit être considéré comme l'illustration cohérente de la façon dont les groupements sont disposés entre eux plutôt que comme une carte de leur localisation propre.

Ce schéma a été élaboré à partir de clichés aériens pris par l'équipe Sahel et des observations au sol de 1969 à 1971 ; les surfaces occupées par les différents groupements sont les suivantes :

| Groupements | Surface % | Groupements | Surface % |
|----------------|-----------|----------------|-----------|
| A ₁ | 57,8 | B ₂ | 3,2 |
| A ₂ | 18,5 | C ₁ | 3,5 |
| A ₃ | 7,8 | C ₂ | 0,6 |
| A ₄ | 8,6 | | |
| Total A | 92,7 | Total C | 4,1 |

Le groupement B₁ n'apparaît pas puisque les ligneux sont figurés par des symboles à raison d'un signe pour 10 individus, mais on a mesuré par ailleurs que les couronnes des arbres occupent 9,6 % du territoire, pour une surface basale de 1 m²/ha. Cette proportion est répartie entre les aires attribuées à C₁ et à A à raison de 2,8 % et 6,8 % du terrain.

On considèrera donc par la suite comme unité représentative du terrain une surface d'un hectare comprenant 3,4 % de groupements C, - 6,8 % de groupements B et 89,8 % de groupements A, arrondis à :

9 000 m² de groupements A
 700 m² de groupements B
 300 m² de groupements C

Dynamique annuelle des groupements

La strate herbacée possède un cycle annuel de durée restreinte, généralement moins de 80 jours, et on peut distinguer trois possibilités de comportement des espèces :

- espèces précoces : dès le mois d'août existe un tapis clairsemé qui comprend les géophytes, des Molluginacées (*Gisekia*, *Limnium*) et quelques Graminées (*Digitaria gayana*, *Elionorus elegans*, *Tragus racemosus*) ainsi que *Tribulus*, *Bulbostylis* et *Cleome* spp.)

- espèces tardives : ce sont souvent des espèces dominantes qui ne fructifient qu'à partir de septembre ou octobre, comme *Schoenefeldia*, *Aristida mutabilis*, *Pennisetum pedicellatum* et le genre *Indigofera*.

- espèces plastiques : elles peuvent avoir un cycle très court, mais maintiennent des individus en floraison et fructification aussi longtemps que durent les pluies. Ce sont la plupart des Panicées (*Brachiaria xantholeuca*, *Panicum laetum*), *Chloris prierii* et *Cenchrus biflorus*, et plusieurs Dicotylédones communes (*Zornia*, *Blepharis*, *Borreria radiata*). Ce groupe est le plus caractéristique de la zone sahélienne, et était représenté même en 1972.

Cependant, les germinations sont peu étagées, et à l'exception de quelques espèces de bas-fonds, se produisent en l'espace d'une dizaine de jours. Des comptages de plantules ont été effectués à Fété Olé au cours de 5 années :

| Année | Nombre de plantules par m ² | | | | | |
|-----------------|--|-------|---------------|---------------|--------|-------|
| | 1970 | 1971 | 1971 | 1972 | 1973 | 1975 |
| Opérateur | BILLE | BILLE | LEPAGE | BILLE | POUPON | BILLE |
| Pluviosité (mm) | 209 | 202 | 202 | 33 | 209 | 311 |
| Groupements A | 423 | 358 | 404 | 0 | 20 | 507 |
| | \bar{x} 51 | | \bar{x} 52 | | | |
| Groupements B | 976 | 860 | 944 | 122 | 168 | 1038 |
| | \bar{x} 204 | | \bar{x} 112 | \bar{x} 70 | | |
| Groupements C | 2312 | 1750 | 2200 | 340 | 1224 | 2364 |
| | \bar{x} 320 | | | \bar{x} 167 | | |

Si on ne tient pas compte des années 1972 et 1973, dont le cas sera examiné ultérieurement, les diverses valeurs concordent et l'on constate l'énorme réduction du nombre de plantes par unité de surface au cours de la croissance : il ne reste en fin de cycle que 20 p.100 des individus en A (80 à 90 sur 450), 15 p.100 en B (150 sur 1000) et 12 p.100 en C (moins de 300 sur 2200).

La majorité des espèces étant annuelles, un effort particulier a été fait pour l'étude de la fructification et de la production de diaspores. Outre l'identification et la description préalable des diaspores, l'entreprise présentait des difficultés élevées du fait de la grande variabilité dans le nombre des inflorescences, de la libération progressive des diaspores, de l'existence de graines stériles et des problèmes de récupération et l'échantillonnage des graines au sol.

Les mesures de quantités de diaspores au sol ont été faites à partir de prélèvements de la terre jusqu'à 5 mm de profondeur sur des surfaces de 1/16 m² : chaque échantillon pèse donc environ 0,5 kg et le tri manuel est nécessaire pour isoler les quelques mg de graines qu'il renferme de l'ensemble des fragments végétaux triés par flottation. Chaque série de mesures a exigé le traitement de 150 à 300 prélèvements, et grâce à l'aide des techniciens de l'ORSTOM à Richard-Toll, l'ensemble du travail a pu être conduit en 6 mois.

Le tableau V groupe les principaux résultats obtenus dans ce domaine, et par voie de conséquence, le calcul de la production de diaspores pour l'année 1971. Dans la même optique, les graines présentes au sol ont été récoltées en novembre 1971, août 1972 et janvier 1973 avec les résultats suivants :

| | Groupements A | Groupements B | Groupements C |
|---------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Novembre 1971 | 3,45 g/m ² | 9,60 g/m ² | 18,4 g/m ² |
| Août 1972 | 2,40 g/m ² | 10,30 g/m ² | 17,10 g/m ² |
| Janvier 1973 | 2,10 g/m ² | 9,20 g/m ² | 14,20 g/m ² |

On constate que les diaspores trouvées au sol en novembre 1971 représentent une quantité supérieure à celle qui a été théoriquement produite l'exédent constaté pourrait être seulement le fait d'une erreur si on ne rencontrait dans chacun des milieux les graines qui n'y ont pas été produites (par exemple, *Chloris pteruroides* en A ou *Zornia glochidiata* en B). Le brassage des diaspores est confirmé en août suivant, puisque leur quantité a augmenté en B. On peut donc supposer qu'il existait dans chaque milieu en novembre 1971 des graines reliques des années précédentes.

Il est donc préférable d'évaluer la production de graines globalement pour 1 ha de terrain (28,8 kg) et d'étudier selon le même principe l'évolution des quantités au sol : 43,3 kg en novembre - 33,94 kg en août et 29,6 kg en janvier sans qu'aucune production ni germination soit intervenue entre temps. La dégradation de la masse grainière correspond à une consommation (par les oiseaux, rongeurs, insectes ...) de 11 kg par ha et par an.

Cette consommation est irrégulièrement répartie et concerne surtout les milieux B et C où son intensité est plus élevée qu'en A. Les résultats constatés s'expliquent par la combinaison de la consommation et des déplacements de diaspores dus en particulier aux vents qui appauvrissent le milieu A au profit de B et C. Si on admet avec LEPAGE (1972) que la prédation annuelle porte approximativement par tiers sur chacun des milieux (300 g par mois dans chaque milieu) on peut calculer les déplacements selon le tableau ci-après :

| Groupements | A | B | C |
|---------------------------|---------|--------|--------|
| Novembre 1971 | | | |
| Production | 20,9 kg | 4,3 kg | 3,6 kg |
| graines reliques | + 10,1 | + 2,3 | + 1,9 |
| consommation | - 3,0 | - 3,0 | - 3,0 |
| déplacements | - 6,3 | + 3,7 | + 2,6 |
| Août 1972 | | | |
| Bilan | 21,7 | 7,3 | 5,1 |
| consommation | - 1,5 | - 1,5 | - 1,5 |
| déplacements | - 1,3 | + 0,6 | + 0,7 |
| Situation en janvier 1973 | 18,9 | 6,4 | 4,3 |

Tableau V - CARACTERISTIQUES DES DIASPORES ET PRODUCTION DE GRAINES EN 1971

| Espèce | Nombre de semences par individus | Poids de 100 semences mg | Production en nombre/m ² groupements | | | Production en poids (g/m ²), groupements | | | | |
|---------------------------------|--|--------------------------------|--|------|------|---|------|------|-------|------|
| | | | A | B | C | A | B | C | | |
| <i>Aristida furiculata</i> | 21 | 233 | 395 | } | 575 | 375 | 0,89 | } | 0,57 | 0,37 |
| <i>Aristida mutabilis</i> | 59 | 64 | 1120 | | | | 0,65 | | | |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> | 93 | 11 | 1115 | } | 700 | | 0,12 | } | 0,08 | |
| <i>Blepharis linariifolia</i> | 2,1 | 3700 | } | | | | 260 | | | |
| <i>Polycarpaea linearifolia</i> | 85 | 24 | | | | | | | | |
| <i>Panicum laetum</i> | 68 | 91 | | | 1620 | | | | 1,54 | |
| <i>Panicum humile</i> | 83 | 18 | | | | 2040 | | | | 0,46 |
| <i>Brachiaria ramosa</i> | 25 | 120 | | | | 355 | | | | 0,42 |
| <i>Brachiaria xantholeuca</i> | 39 | 220 | | | 715 | | | | 1,56 | |
| <i>Diheteropogon hagerupii</i> | 16 | 78 | | | 100 | } | 170 | } | 0,08 | 0,14 |
| <i>Andropogon pinguipes</i> | 24 | 62 | | | | | | | | |
| <i>Cenchrus spp.</i> | 20 | 345 | 15 | | | | 0,05 | | | |
| <i>Chloris prileuxii</i> | 74 | 37 | | | 1880 | | | | 0,62 | |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> | 50 | 230 | | | | 340 | | | | 0,78 |
| <i>Echinochloa colona</i> | 55 | 194 | | | | 1500 | | | | 2,88 |
| <i>Digitaria horisontalis</i> | 86 | 20 | | | 710 | | | | 0,15 | |
| <i>Eragrostis tremula</i> | 58 | 16 | | | } | 1280 | } | } | } | 0,19 |
| <i>Eragrostis ciliaris</i> | 96 | 14 | | | | | | | | |
| <i>Elionurus elegans</i> | 11 | 32 |) | | | | | | | |
| <i>Chloris pilosa</i> | 48 | 51 |) | | | | | | | |
| <i>Ctenium elegans</i> | 62 | 22 |) | 410 | 590 | 685 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | 81 | 25 |) | | | | | | | |
| <i>Tragus racemosus</i> | 39 | 32 |) | | | | | | | |
| <i>Fimbristylis hispidula</i> | 83 | 22 |) | 260 | 1085 | 310 | 0,04 | 0,19 | 0,05 | |
| <i>Zornia glochidiata</i> | 28 | 192 |) | | | 2120 | | | | 4,05 |
| <i>Indigofera astragalina</i> | 39 | 435 |) | | | | | | | |
| <i>Indigofera diphylla</i> | 73 | 78 |) | | | | | | | |
| <i>Indigofera senegalensis</i> | 90 | 126 |) | 45 | 285 | 235 | 0,06 | 0,60 | 0,49 | |
| <i>Alysicarpus vaginalis</i> | 24 | 283 |) | | | | | | | |
| <i>Achyranthes aspera</i> | 42 | 150 |) | | | | | | | |
| <i>Mollugo nudicaulis</i> | 40 | 9 |) | | | | | | | |
| <i>Cleome viscosa</i> | 22 | 30 |) | | | | | | | |
| <i>Borreria radiata</i> | 69 | 47 |) | | | | | | | |
| <i>Flainvillea gayana</i> | 12 | 430 |) | 130 | 210 | 630 | 0,07 | 0,29 | 2,00 | |
| <i>Commelina forskalaei</i> | 3,2 | 62 |) | | | | | | | |
| | | Totaux | | 3750 | 8750 | 10050 | 2,32 | 6,14 | 11,97 | |

Habituellement, la situation au moment des germinations est voisine de celle observée en août 1972 et l'on peut calculer grossièrement, à partir du tableau V, le nombre de diaspores présentes par m² : de 3850 à 3900 en A, de 14600 à 14700 en B, et env. 16100 en C. Compte tenu du nombre de germinations observé, les coefficients moyens de germination s'établissent à 11 % dans les groupements A - 6,5 % en B et 13,8 % en C.

Par ailleurs, un tri partiel des diaspores présentes au sol avait été réalisé en novembre 1971 et août 1972, avec les résultats suivants (nombre de graines par m²) :

| Espèces | Milieux | novembre 1971 | | | août 1972 | | |
|---|---------|---------------|-------|--------------|-----------|------|-------|
| | | A | B | C | A | B | C |
| <i>Zornia glochidiata</i> | | 15 | 26 | | 5 | 70 | 2450 |
| <i>Panicées</i> | | 87 | 5290 | | 120 | 3220 | 5020 |
| <i>Cyperacées</i> et graminées | | 630 | 2130 | | 580 | 1840 | 1800 |
| <i>Dicolylédones</i> diverses | | | | tri non fait | | | |
| <i>Dicolylédones</i> sauf <i>Zornia</i> | | 980 | 1610 | | 560 | 1060 | 1480 |
| <i>Aristida</i> spp. et | | 2510 | 1730 | | 2100 | 1085 | 990 |
| <i>Schoenefeldia</i> | | | | | | | |
| <i>Chloridées</i> | | 162 | 3060 | | 50 | 2050 | 200 |
| TOTAL | | 4384 | 13846 | - | 3415 | 9325 | 11940 |

Les totaux observés sont inférieurs aux valeurs précédemment calculées, et l'examen des différentes catégories montre que les graines les plus ténues (*Cyperacées*, *Schoenefeldia*) ont échappé aux recherches. L'imperfection du travail n'a qu'une incidence faible en poids, et par suite les calculs de prédation ou de déplacement de graines conservent leur valeur, mais le nombre de ces petites diaspores doit être majoré pour obtenir une image correcte de leur répartition.

Une telle correction a été faite pour l'établissement de la figure 14 qui compare l'intervention relative des 6 catégories d'espèces ci-dessus dans les diaspores présentes au sol au moment des germinations et dans la strate herbacée en fin de développement. Les disparités constatées seront rappelées lors de l'étude de la variabilité pluri-annuelles des groupements.

Variabilité pluri-annuelle de la strate herbacée

La flore d'une année déterminée est bien souvent restreinte à un plus petit nombre d'espèces que la liste établie lors de la présentation des groupements. Le tableau suivant donne quelques exemples des variations observées sur l'ensemble du quadrat de Fété Olé :

(A : espèce abondante - C : commune - R : rare - O : absente)

| Années | 1969 | 1970 | 1972 | 1974 | 1975 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| Espèces | | | | | |
| <i>Andropogon pinguipes</i> | A | C | O | O | R |
| <i>Aristida adscensionis</i> | C | R | O | R | A |
| <i>Aristida stipoides</i> | C | C | O | O | R |
| <i>Alysicarpus ovalifolius</i> | A | C | O | C | A |
| <i>Borreria radiata</i> | A | C | R | R | R |
| <i>Blepharis linariifolia</i> | C | A | R | C | C |
| <i>Chloris prieurii</i> | C | C | R | A | C |
| <i>Digitaria gayana</i> | A | A | O | R | R |
| <i>Crotalaria perottetii</i> | A | C | O | R | C |
| <i>Dactyloctenium aegyptium</i> | A | C | O | A | R |
| <i>Eragrostis pilosa</i> | A | R | O | O | C |
| <i>Echinochloa colona</i> | R | A | O | C | R |
| <i>Indigofera diphylla</i> | A | C | O | O | O |
| <i>Indigofera astragalina</i> | A | A | O | C | A |
| <i>Merremia pinnata</i> | A | C | O | A | C |
| <i>Panicum humile</i> | A | R | O | O | C |
| <i>Schizachyrium exile</i> | R | R | O | O | O |
| <i>Tragus racemosus</i> | C | C | O | A | R |
| <i>Triumfetta pentandra</i> | C | A | O | O | O |
| <i>Zornia glochidiata</i> | A | C | R | C | C |

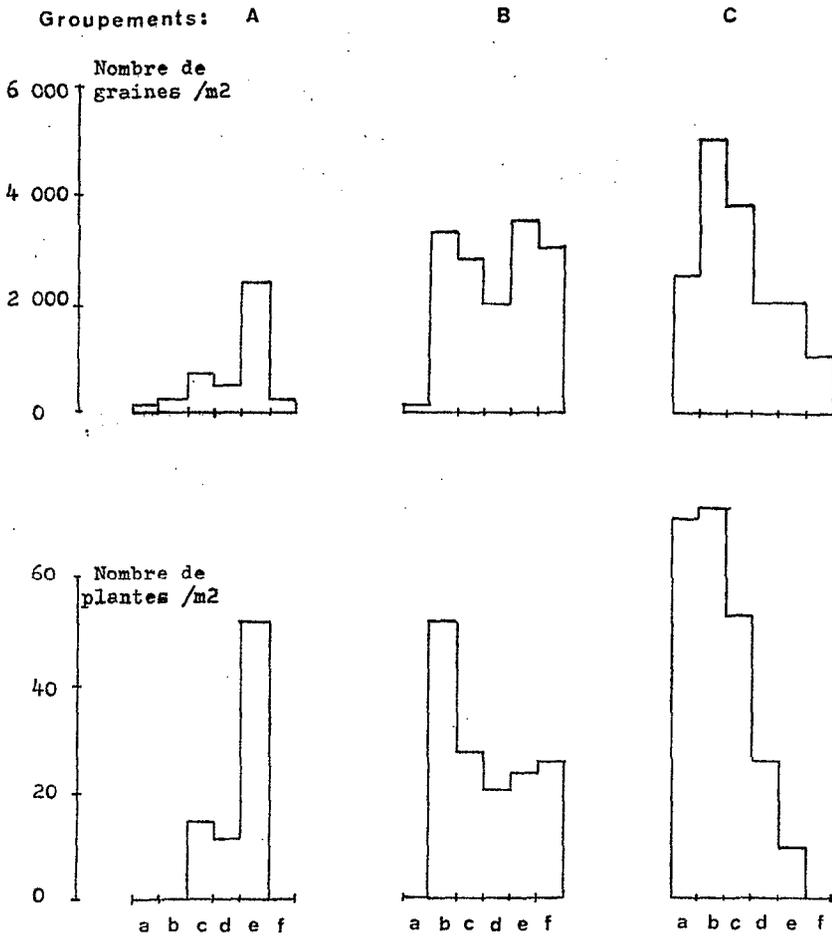
Il ne manquait en 1975 que 3 espèces dans la liste établie jusque là, et la période sèche n'a pas causé de bouleversement floristique. Par ailleurs, des relevés réalisés aux mêmes points en 1969 et 1970, ont été comparés mathématiquement selon la méthode déjà décrite ; si l'on fait apparaître les images homologues sur un même graphe, on observe un déplacement relatif des points représentatifs de ces relevés (figure 15).

On constate en particulier que les groupements A3 et A4 perdent de leur individualisation au cours de l'année 1970, plus sèche, et se rapprochent du groupement A1 ; le groupement C2, floristiquement appauvri par l'absence d'*Andropogon gayanus*, *Schizachyrium*, *Kyllinga* et *Ipomoea pilosa*, est plus voisin de l'origine ; à l'inverse, les groupements B et C1 marquent une spécialisation plus élevée et comportent plus rarement des espèces également présentes en A1 ou A3.

Les années 1972 et 1973 ne peuvent être analysées de la même façon. En effet, la rareté des pluies de 1972 n'autorise que de rares germinations à l'emplacement habituel des groupements A4 et B1 (quelques *Chloris prieurii* et *Blepharis*) et au fond des dépressions (*Borreria radiata* et *Zornia*) et les plantules ne dépasseront pas 5 à 10 cm de hauteur, bien que certaines d'entre elles aient réussi à fleurir sous cette forme naine.

Quoi qu'il en soit, la production de diaspores fut quasi nulle en 1972, et en août 1973 on ne trouvera sur le terrain que les graines produites en 1971 qui ont subi deux années de consommation et de déplacements. Il y a donc théoriquement 12,4 kg/ha de graines dans les groupements A -

Figure 14



a : *Zornia glochidiata*
 b : Panicées
 c : Graminées diverses et Cypéracées
 d : Dicotylédones (sauf *Zornia*)
 e : *Aristida* spp. et *Schoenefeldia*
 f : *Chloris prieurii*.

Comparaison des spectres d'abondance des principaux taxons
 et des graines présentes au sol au moment de la germination

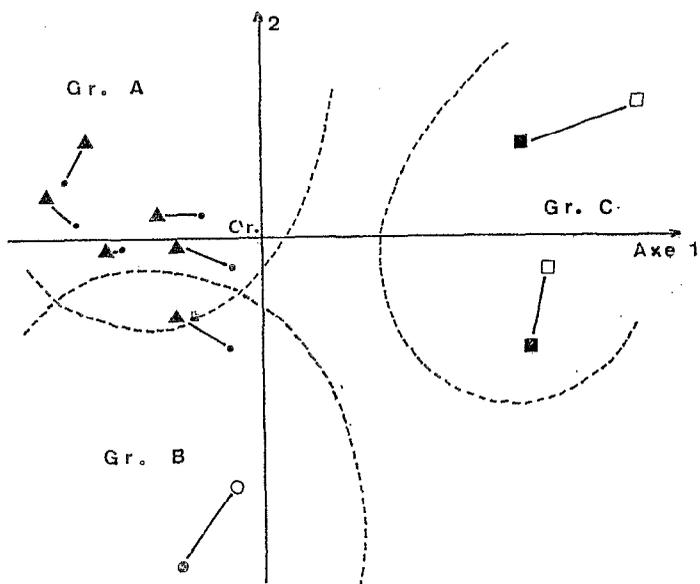
(Saison 1971-72)

Figure 15

VARIABILITE PLURIANNUELLE DES GROUPEMENTS HERBACES :

Déplacement des projections des relevés

(traitement: Présence - absence).



1969 . 70

Groupements A

• ▲

Groupements C

□ ■

Groupements B

○ ●

8 kg/ha dans les groupements B et 4,7 kg/ha dans les groupements C. Si la situation est satisfaisante en B et C, on ne peut pas espérer dans le milieu A plus de 150 germinations par m² et les comptages de plantules en 1973 ont fourni des valeurs inférieures à ce maximum calculé.

En outre, la végétation de 1973 est caractérisée par l'existence de très nombreuses plages dénudées dont certaines ne seront pas encore recolonisées l'année suivante. Par contre, il semble que la réduction du nombre de plantes au cours du développement ait été plus faible que de coutume en 1973 et 1974, cette dernière année étant marquée par l'extension de *Chloris prieurii* aux groupements A alors que cette espèce est généralement exclue des sols les plus pauvres.

Il y aurait donc eu, à la suite de la période sèche, un phénomène compensatoire qui a permis la remontée biologique de l'écosystème dans un délai très bref à la fois pour les ligneux (nombreuses germinations) et pour la strate herbacée (dynamique annuelle plus favorable).

Un contrôle expérimental des résultats concernant les germinations et la dynamique annuelle a été tenté en 1972. L'expérimentation visait en particulier à déterminer les conditions nécessaires à la germination, sachant que celle-ci se produit in situ après 40 à 60 mm de pluies, avec une humidité relative de l'atmosphère élevée et une température comprise entre 25 et 40°C.

Tout au long de l'année, on a semé dans des bacs 4 espèces les plus communes : *Aristida funiculata*, *A. mutabilis*, *Chloris prieurii* et *Zornia glochidiata*, à raison de 50 graines par bac ou 830 graines par m². Les essais avaient lieu sur des sols reconstitués de Fété Olé, et il est apparu :

- que les germinations étaient mauvaises si les bacs étaient découverts, mais que les résultats étaient identiques selon qu'on utilisait pour les couvrir une plaque de verre ou un matériau opaque (nécessité d'une humidité forte, mais indifférence vis à vis de l'éclairage) ;

- que l'eau devait être apportée par arrosage et non simplement introduite dans les bacs par l'intermédiaire de la réserve d'eau interne, laissant supposer la nécessité de lessiver une substance inhibitrice de la germination ;

- que le nombre de plantules se réduisait au cours du développement ultérieur dans des proportions analogues à celles observées, "in situ" bien que la concurrence vis à vis de l'eau ne puisse être mise en cause (figure 16a) ;

- que le pouvoir germinatif des diaspores était souvent faible. Les maxima observés ont été de l'ordre de 40 % pour *Aristida mutabilis*, *Brachiaria xantholeuca*, *Alysicarpus vaginalis*, *Cassia nigricans*,

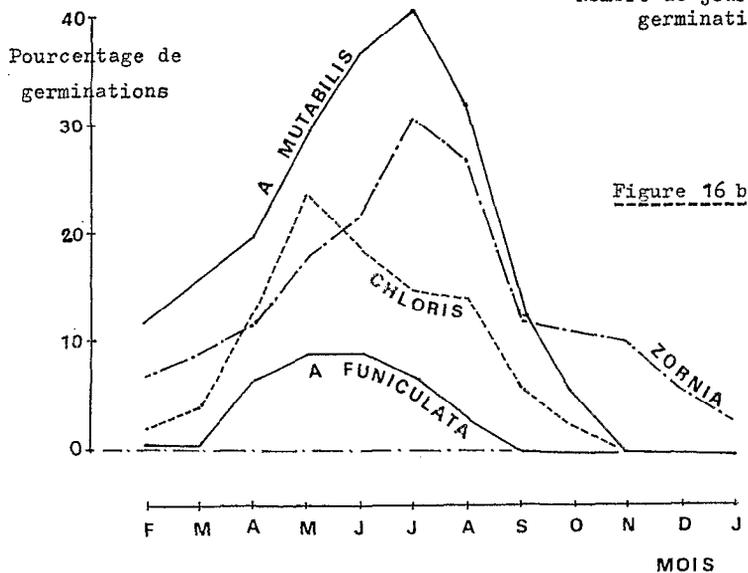
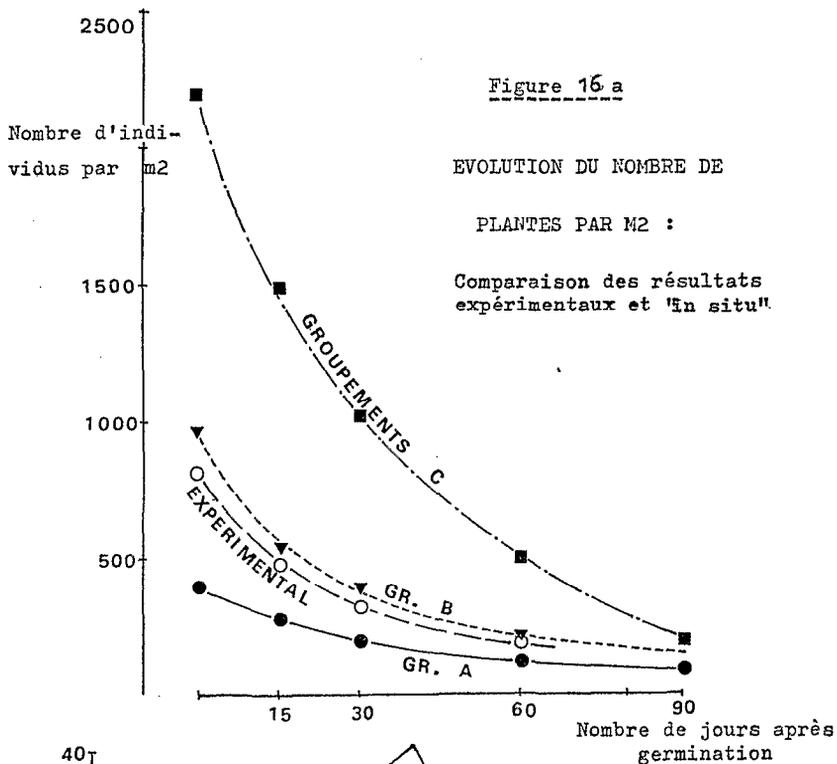
Heliotropium bacciferum, *Tribulus terrestris*, *Indigofera senegalensis* et *Indigofera secundiflora* - 30 % environ pour *Zornia glochidiata*, *Cenchrus biflorus*, *Digitaria horizontalis*, *Panicum laetum*, *Echinochloa colona*, *Crotalaria atrorubens*, *Gisekia pharnaceoides* et *Euphorbia hirta* - 15 à 20 % pour *Chloris prierii*, *Dactyloctenium*, *Eragrostis tremula*, *Scirpus macrostachyus* et *Bulbostylis barbata*, *Indigofera aspera*, *Boehrvavia diffusa*, *Euphorbia aegyptiaca*, *Limeum viscosum*, *Portulaca oleracea* ; moins de 10 % pour *Aristida funiculata*, *Schoenefeldia*, *Fimbristylis hispidula*, *Cleome tenella*, *Mollugo nudicaulis*... ;

- que le pouvoir germinatif de certaines espèces présentait un maximum net vers juillet-août (*Aristida mutabilis*, *Zornia*) ou plus tôt (*Chloris prierii*, *Aristida funiculata*) et que par ailleurs les diaspores sont parfois capables de germer toute l'année : ces observations rejoignent celle de J. MIEGE sur jachère herbacée à Dakar (1966) et confirment l'existence d'espèces d'hivernage strict, de pré-hivernage et indifférentes. (figure 16b).

La perte d'eau par les bacs a été de 0,2 à 0,4 g par jour, reproduisant assez fidèlement les conditions naturelles. En saison sèche, en dépit d'une consommation d'eau accrue, la durée du cycle de végétation des plantes a généralement diminué cependant que la taille des végétaux était réduite, la fructification intervenant après 6 à 8 semaines bien qu'aucune des plantes n'ait à ce moment dépassé 10 cm de hauteur. Ce nanisme expérimental, comparable à celui qui a été observé sur le terrain la même année, serait donc une réaction des espèces les plus plastiques à un déficit hydrique aussi bien d'origine édaphique qu'atmosphérique.

Les variations pluri-annuelles dans la strate herbacée concernent donc à la fois la flore, la répartition spatiale des espèces, leurs proportions relatives et leur abondance au sein des groupements, la durée du cycle des plantes et la quantité de matériel végétal élaboré par chacune d'elles. Les mesures de biomasse, qui reflètent toutes ces variations d'origine climatique, doivent donc être répétées au cours d'une période assez longue pour fournir une image satisfaisante de l'écosystème, et elles sont inséparables du contexte des années où elles ont été faites.

De plus, les conditions climatiques d'une année déterminée ont une influence directe sur l'année suivante par le biais de la production de diaspores, et éventuellement un effet de plus longue durée en cas d'accident climatique grave. Ces constatations restent a fortiori valables pour la strate ligneuse pour qui le retour à la normale est plus lent.



NOMBRE DE GERMINATIONS OBTENUES EN BACS ARROSES
AU COURS DE L'ANNEE .

LA PRODUCTION HERBACÉE

La productivité de la strate herbacée a été étudiée de 1969 à 1975 à partir de 240 plots de 0,25 m² dont 120 représentaient les groupements A, 80 les groupements B et 40 les groupements C. Pour toutes les données relatives à la production, les masses seront exprimées exclusivement en poids sec, c'est-à-dire après passage du matériel végétal à l'étuve à 85°C pendant une durée suffisante pour que ce poids reste constant.

Les résultats de base ont été obtenus en 1970 à partir de la méthode de WIEGERT et EVANS, modifiée par LOMNIKI et al. (1968). Cette méthode consiste à mesurer à une même date :

- sur une première surface, le matériel vivant (B) et le matériel mort produit depuis la mesure précédente (H) ;
- sur une seconde surface, le matériel mort (G) - cette surface étant destinée aux mesures de B et H au moment de la série suivante.

Ainsi, le matériel mort au moment considéré s'exprime par la différence $W = G - H$, et le "standing-crop" classique est la somme $B + G$ qui a permis de comparer entre elles les différentes années. La production nette entre les temps T (i) et T (i + 1) est théoriquement la somme :

$$H(i + 1) + b(i + 1) - b(i)$$

A Fêté Olé, l'intervalle entre deux séries de mesures successives avait été fixé à un mois, et en raison de l'espace de temps très réduit au cours duquel se produit la croissance herbacée, ce rythme mensuel s'est révélé peu satisfaisant. En effet, dans le cas d'une végétation composée exclusivement d'annuelles, il arrive une époque où le terme H devient très grand : H tend vers G et les termes W s'annulent.

Pratiquement, on est amené à considérer que toute trace de la végétation de l'année précédente disparaît après deux mois de saison des pluies, puis que la destruction de litière est plus rapide que son élaboration jusqu'à réapparition des valeurs W, au moment où la décomposition du matériel mort s'atténue.

En ce qui concerne les biomasses hypogées, des prélèvements d'échantillons ont été effectués le long de tranchées de 2 m de profondeur à l'aide d'un cylindre à bord tranchant qui permettait la récolte d'environ 1 kg de sol en place. Cinq profondeurs d'échantillonnage ont été retenues à la suite des premiers essais : 5 cm, 15 cm, 35 cm, 75 cm et 150 cm, et les racines étaient triées par flottation.

Les résultats bruts, exprimés en mg de racines par kg de sol, ont été convertis en masse de racines par unité de surface en tenant compte :

- des souillures par la silice de l'échantillon végétal, fraction précisée par l'analyse chimique ;
- de la densité des sols en place. La densité a été calculée par les laboratoires de pédologie de l'ORSTOM (les résultats variant de 1,6 sur dune à 1,85 pour les points bas) et mesurée sur le terrain en plaçant des blocs de sol de forme quelconque dans un récipient de volume connu dont le remplissage était achevé avec du sable fluide tamisé ; les résultats de mesures sont plus constants que ceux des calculs : de 1,68 à 1,74 et la valeur 1,7 a été retenue pour l'ensemble des échantillons.

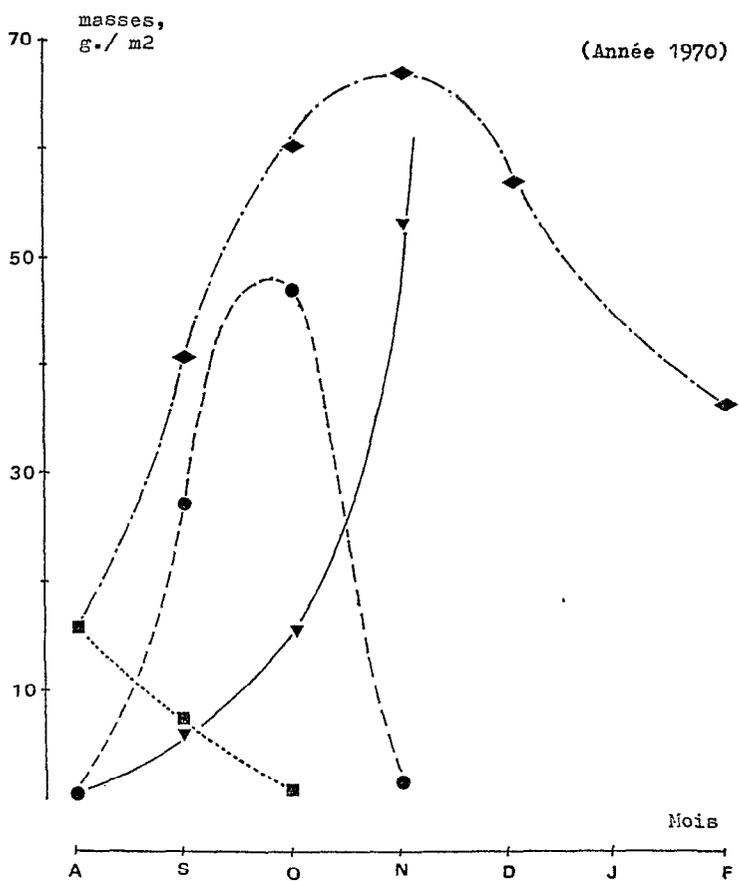
PRODUCTIVITE AERIENNE

On peut envisager 3 périodes au cours de l'élaboration de la masse végétale en août et septembre, ce qui reste du matériel mort de l'année précédente disparaît, le matériel vivant se construit et le matériel de l'année qui meurt est détruit presque aussitôt ; en octobre, la biomasse achève de croître, mais la quantité de matériel vivant diminue et l'herbe sèche sur pied ; à partir de novembre, la biomasse se dégrade.

La figure 17 présente l'évolution des éléments contrôlés par les groupements A en 1970. La biomasse maximale a été d'environ 65 g/m², tandis que les parties vertes représentaient toujours moins de 50 g/m². Si on applique strictement la méthode, les résultats sont les suivants :

Figure 17

PRODUCTION NETTE AERIENNE DES GROUPEMENTS A



Résultats selon la méthode de Wiegert et Evans :

■..... W ▼—— H ●--- B
◆----- B + G

| Date | B | H | G | H | P. nette |
|--------------------------|------|------|------|------|----------|
| 1.08 | 0 | 0 | 13,1 | 13,1 | 0 |
| 1.09 | 26,8 | 7,2 | 14,0 | 6,8 | 34,0 |
| 1.10 | 47,6 | 15,7 | 15,8 | 0,1 | 36,5 |
| 1.11 | 1,6 | 53,6 | 65,4 | 11,8 | 7,6 |
| Total production nette : | | | | | 78,1 |

Ce tableau fait ressortir la rapidité de décomposition du matériel mort et permet d'affirmer que les termes H ont été systématiquement mesurés par défaut. Si on appelle k le taux mensuel de disparition de la matière morte, et qu'on l'applique à la valeur de H atteinte au milieu du mois (valeur proche de $H/2$), la décomposition de matériel mort au cours du mois est : $k (G_i - 1) + k H_i/2$.

C'est aussi la différence entre les récoltes G_i et les sommes $H_i + G_i - 1$, ce qui permet le calcul de k . On en déduit les productions nettes corrigées $(1 + k) H_i + B_i - (B_i - 1)$:

| | valeur de k | Production nette |
|-----------|-------------|-----------------------|
| août | 0,38 | 36,7 g/m ² |
| septembre | 0,64 | 46,5 g/m ² |
| octobre | 0,09 | 12,4 g/m ² |
| Total | | 95,6 g/m ² |

Les groupements B et C ne se distinguent des précédents que par une productivité beaucoup plus élevée et un maximum de biomasse un peu plus précoce. On peut appliquer aux résultats (figure 18) le même raisonnement que précédemment pour établir les productions nettes :

| Mois | Valeur de k | Production nette | |
|---------------|-------------|------------------------|------------------------|
| | | WIEGERT & EVANS | Corrigée |
| Groupements B | | | |
| Août | 0,37 | 160 g/m ² | 167,7 g/m ² |
| Septembre | 0,58 | 54,4 g/m ² | 75,8 g/m ² |
| Octobre | 0,15 | 14,4 g/m ² | 23,1 g/m ² |
| Total | | 228,8 g/m ² | 265,6 g/m ² |
| Groupements C | | | |
| Août | 0,16 | 281,2 g/m ² | 284,1 g/m ² |
| Septembre | 0,39 | 96,8 g/m ² | 119,0 g/m ² |
| Octobre | 0,31 | 7,6 g/m ² | 39,0 g/m ² |
| Total | | 419,2 g/m ² | 483,2 g/m ² |

La production nette est donc supérieure en moyenne de 36 p.100 à la biomasse maximale observable et c'est dans le milieu le plus humide que la différence est la moins sensible. Le matériel végétal a été élaboré à raison de 1,4 g par m² et par jour dans le milieu A - 3,8 g/jour/m² dans

le milieu B près de 3 fois plus productif, et 6,9 g/jour/m² dans le milieu C.

Composantes de la biomasse : la biomasse herbacée aérienne a été triée au moment de sa valeur maximale en 1971 et 1974 :

| Année Groupements Poids (g/m ²) de : | 1971 | | | 1974 | | |
|--|------|--------|-------|------|-------|-------|
| | A | B | C | A | B | C |
| <i>Aristida funiculata</i> | 9,9 | } 11,6 | 7,5 | 26,6 | 13,3 | 2,8 |
| <i>Aristida mutabilis</i> | 16,8 | | | | | |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> | 12,8 | 7,8 | | 22,5 | 16,7 | |
| <i>Brachiaria hagerupii</i> | | 28,5 | | | 35,6 | |
| <i>Brachiaria ramosa</i> | | | 18,6 | | | 33,6 |
| <i>Chloris plicurii</i> | | 21,3 | | 7,2 | 38,8 | |
| <i>Digitaria velutina</i> | | 16,0 | | | 19,1 | |
| <i>Diheteropogon hagerupii</i> | | 20,5 | 36,0 | | 20,6 | 40,5 |
| <i>Panicum laetum</i> | | 32,0 | | | 35,6 | |
| <i>Pennisetum pedicellatum</i> | | | 29,2 | | | 20,8 |
| <i>Echinochloa colona</i> | | | 50,7 | | | 61,3 |
| <i>Panicum humile</i> | | | 24,5 | | | 47,8 |
| Autres Graminées | 6,7 | 7,4 | 14,4 | 6,0 | 16,2 | 18,6 |
| Cypéracées | 0,6 | 3,2 | 8,4 | 0,3 | 2,9 | 9,0 |
| <i>Blepharis + Polyc.</i> | 6,3 | 6,5 | | 6,7 | 4,1 | |
| <i>Zornia glochidiata</i> | | | 74,0 | | | 59,8 |
| Autres Papilionacées | 2,0 | 11,3 | 9,2 | 4,1 | 12,8 | 7,6 |
| Diverses Dicotylédones | 4,1 | 15,2 | 32,6 | 7,6 | 11,3 | 26,2 |
| TOTAL | 59,2 | 181,3 | 305,9 | 81,0 | 227,0 | 328,0 |

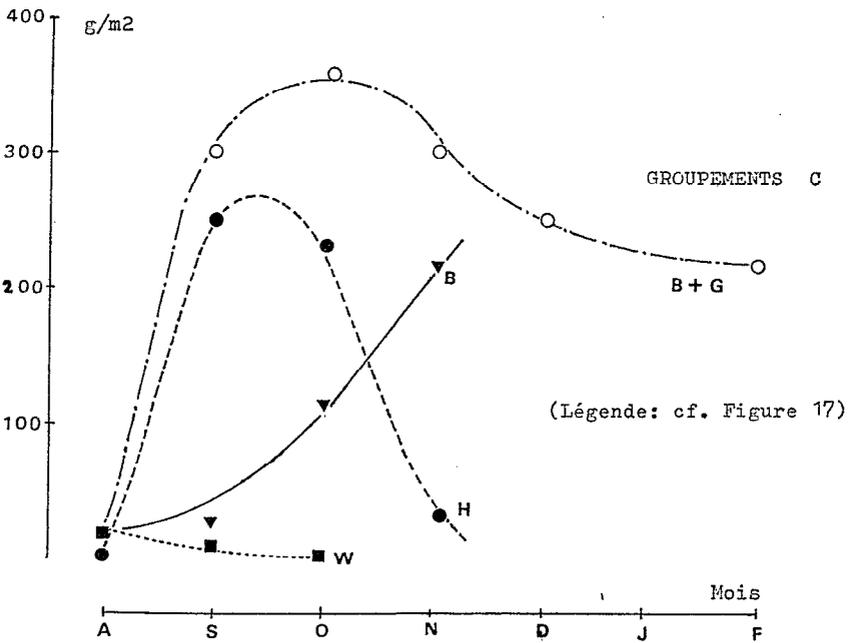
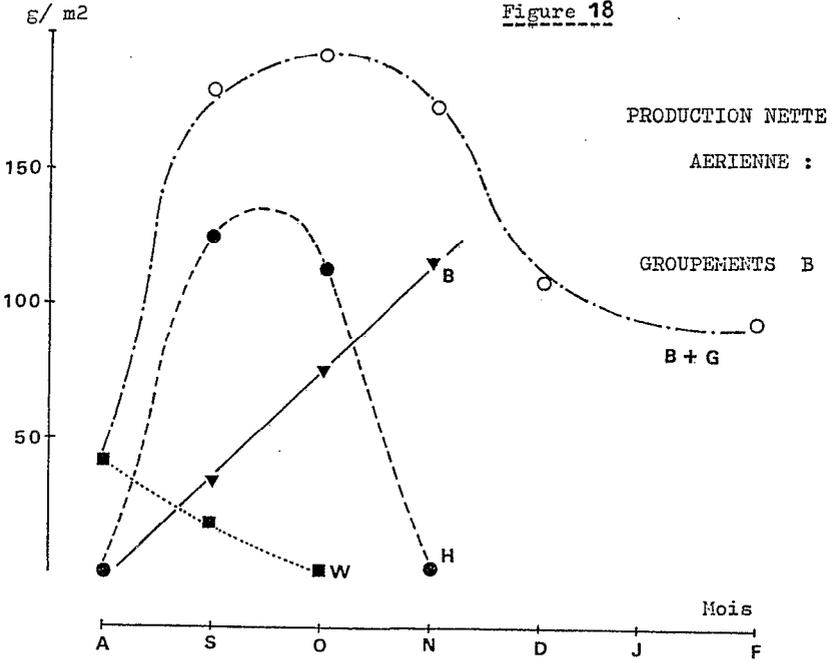
On peut remarquer le rôle important joué par les Panicées et les espèces robustes, telles *Diheteropogon* ou *Pennisetum* en raison du poids unitaire élevé des individus : généralement 1 à 2 g/pied de *Brachiaria*, *Echinochloa* ou *Digitaria* ; plus de 3 g pour *Pennisetum*, *Andropogon* ou *Diheteropogon*.

Evolution annuelle de la biomasse

On ne peut manquer d'être frappé par la disparition progressive de la paille sur pied au cours de la saison sèche : l'étude consacrée aux pâturages de la région de Fété Olé (DIALLO et VALENZA, 1972), qui par ailleurs confirme les biomasses maximales obtenues sur le terrain d'étude, constate que le matériel végétal de ce type de formations passe de 900 kg/ha en octobre à 365 kg/ha en mars ou avril.

Outre la dissémination des diaspores, dont on sait déjà qu'elle représente une diminution de la biomasse sur pied d'environ 30 kg/ha, de nombreux fragments végétaux tombent au sol pour constituer les litières. Ce sont souvent des débris menus qui échappent à un examen rapide et qui, avec les collets et bases de chaumes graminéens, peuvent représenter une masse aussi élevée que la végétation sur pied.

Figure 18



Les masses totales de matériel végétal (sur pied et au sol) ont été mesurées d'octobre 1970 à octobre 1971 : (valeurs exprimées en g/m²)

| Groupements | | A | B | C |
|-------------|------|-----|-----|-----|
| octobre | 1970 | 102 | 294 | 522 |
| février | 1971 | 93 | 270 | 504 |
| mai | 1971 | 82 | 242 | 360 |
| août | 1971 | 60 | 189 | 185 |

Les biomasses totales passent donc de 1280 kg/ha (soit un excédent de 450 kg/ha par rapport à la biomasse sur pied) en octobre à 1170 kg/ha en février et 1015 kg/ha en mai, soit une disparition réelle de matériel de 38 kg/ha par mois en moyenne. Cette perte doit être attribuée à l'impact trophique des insectes et des quelques mammifères qui ont pu avoir accès à la surface protégée ; les termites sont sans doute responsables d'une forte part de la consommation, puisque LEPAGE (1972) estime à 50 ou 60 kg/ha/mois la seule prédation de *Bellicositermes*.

La consommation est irrégulièrement répartie : 2 à 3 g/m² et par mois dans le milieu A - 7 ou 8 g/m² en B et de 6 à 36 g/m²/mois en C différences encore accentuées si des déplacements de paille ont eu lieu de A vers B et C, particularité également notée par LEPAGE (Ibid.) qui pense que 30 p.100 de la récolte par *Bellicositermes* est faite dans les dépressions.

A partir du mois de juin (figure 19) la dégradation des reliques herbacées s'accélère dans tous les milieux : près de 100 kg/ha/mois, en raison de l'action des décomposeurs dont l'activité reprend dès les premières pluies, et en octobre 1971 la biomasse relictuelle de 1970 était encore de l'ordre de 450 kg/ha. Les prédateurs prélèveraient annuellement environ 450 kg/ha de pailles, et en l'absence de toute exploitation, les décomposeurs exercent leur action sur 380 kg/ha de matériel, outre les 460 kg/ha dégradés au fur et à mesure de la croissance végétale.

Variations inter-annuelles

Les "standing-crops" (sommés B + G dans la méthode de LOMNICKI) suivants ont été mesurés de 1969 à 1975 (en g/m²) :

| Année | Pluviométrie | Groupements | A | Groupements B | Groupements C |
|-------|--------------|-------------|---|---------------|---------------|
| 1969 | env. 450 mm | 98 | | 260 | 410 |
| 1970 | 209 | 67 | | 180 | 360 |
| 1971 | 202 | 59 | | 181 | 306 |
| 1972 | 33 | 0 | | 10 | 25 |
| 1973 | 209 | 10 | | 80 | 230 |
| 1974 | 316 | 81 | | 227 | 328 |
| 1975 | 311 | 86 | | 236 | 373 |

La comparaison des deux premières années (figure 20a) montre un décalage dans l'évolution de la biomasse, avec des maxima retardés en 1969 par rapport à l'année suivante ; les milieux A et B sont plus productifs d'environ 45 p.100 au cours de l'année la plus humide, mais l'influence de la pluie est moins intense dans le milieu C qui a été submergé d'août à octobre ; enfin, la biomasse a diminué légèrement plus vite en valeur absolue en 1970, et par suite beaucoup plus intensément en valeur relative : 30 p.100 la première année et près de 50 p.100 la seconde.

A la suite de l'année 1972 où la production a été minime, il a été exposé plus haut que la raréfaction des graines avait entraîné une mauvaise couverture herbacée en 1973, d'où la biomasse réduite mesurée. Par contre, la seule pluviométrie ne justifie pas des biomasses assez différentes pour des années ayant reçu des quantités d'eau voisines, telles 1970 et 1971 ou 1974 et 1975.

La productivité donne un meilleur reflet des conditions climatiques de l'année si l'on exprime ces dernières par le biais de la saison des pluies (cf. "présentation de l'étude"). Le report des biomasses sur un graphique en fonction de la durée des pluies (figure 20b) montre une bonne corrélation entre les deux variables pour 4 des années d'étude, et l'année 1974 se caractérise par une productivité plus élevée dans les groupements A et B que celle prévisible à partir du graphe.

Cette constatation est un argument supplémentaire pour l'hypothèse d'un phénomène de compensation au sein de l'écosystème à la suite des années sèches, par exemple d'un relèvement de l'activité des bactéries nitrifiantes, ou de l'élimination de certains consommateurs, ou encore d'un enrichissement organique des sols à partir d'abondantes litières ligneuses qui aurait favorisé la production herbacée de sorte que la situation de la strate basse était rétablie deux années seulement après l'accident de 1972.

On peut enfin calculer la production de matière sèche par hectare comme fonction linéaire de la durée des pluies utiles exprimées en jours (N) en assimilant à des droites entre 60 et 100 jours les courbes de la figure 20b :

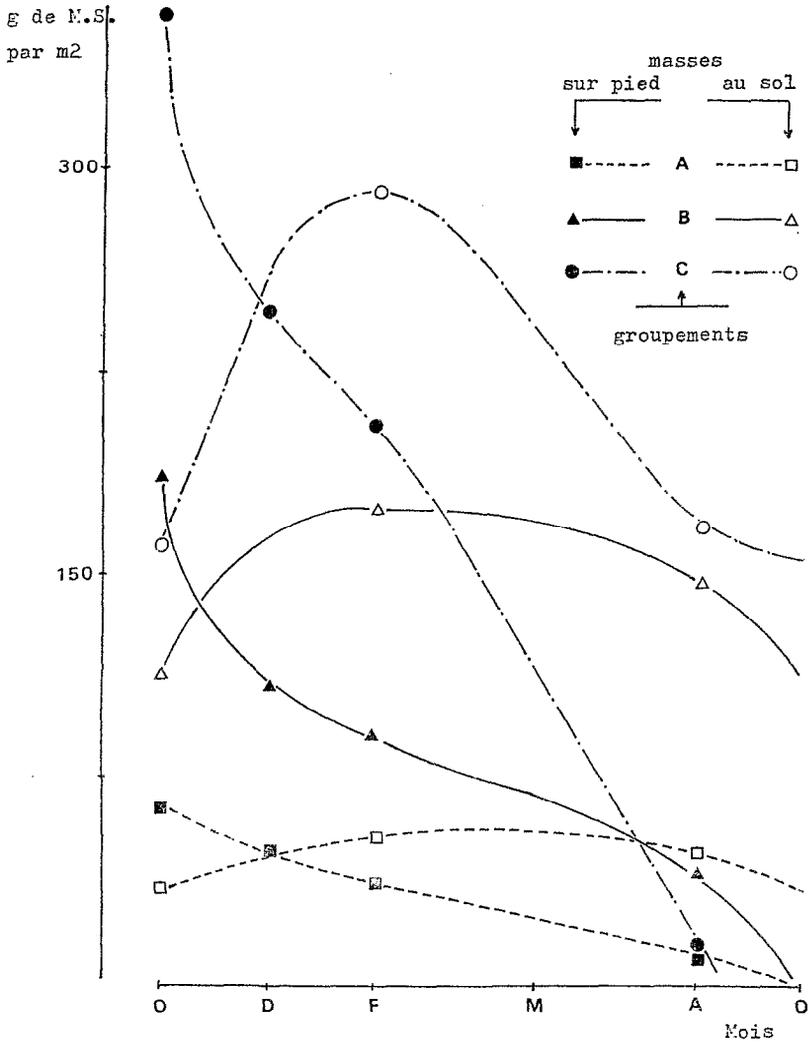
$$\text{Biomasse (kg/ha)} = 9,5 N + 200$$

pour 80 jours, la biomasse maximale serait de 960 kg/ha ; cette valeur n'a été atteinte ou dépassée que 2 fois au cours de la période d'étude et la moyenne réelle établie sur 7 ans lui est inférieure d'un quart.

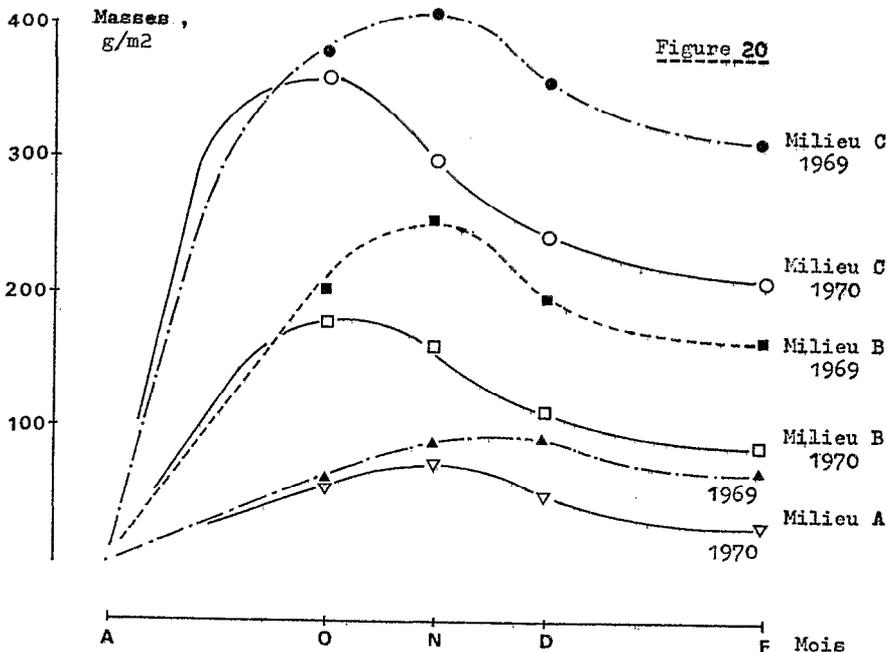
Productivité avec exploitation

En 1975 a été réalisé un essai destiné à donner des indications sur l'influence de la productivité totale d'une coupe en cours de croissance

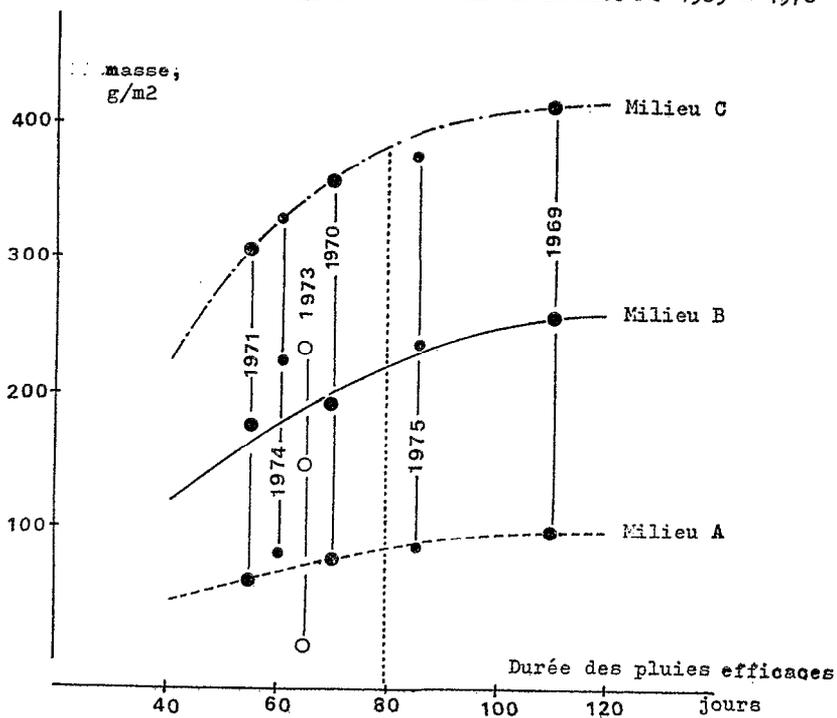
Figure 19



EVOLUTION DES MASSES HERBACEES EPIGEES
au cours de la saison sèche.



a. COMPARAISON DES MASSES AERIENNES : 1969 - 1970



b. BIOMASSES MAXIMUM

de la végétation ; 9 séries de plots situés en bas de pente ont subi les traitements suivants :

- 4 séries coupées le 15 août à 0,5 cm - 5 cm - 15 cm et 25 cm au-dessus du sol respectivement ;
- 4 séries coupées le 15 septembre aux mêmes hauteurs ;
- 1 série témoin, coupée en même temps que les 8 autres le 10 octobre.

Les résultats, exprimés en g/m², sont groupés dans le tableau ci-après :

| hauteur de coupe, cm | 0,5 | 5 | 15 | 25 |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|
| Coupe du 15/08 (A) | 34,0 | 26,0 | 12,0 | 6,5 |
| Coupe du 15/09 (B) | 85,5 | 68,5 | 42,0 | 34,0 |
| Coupe du 10/10 | | | | |
| témoin | | 107 ± | 5,5 | |
| après coupe d'août (C) | 12,0 | 88,0 | 94,5 | 99,0 |
| après coupe septembre (D) | 3,5 | 24,5 | 71,0 | 81,0 |
| Total A + C | 46,0 | 114,0 | 106,5 | 105,5 |
| Total B + D | 89,0 | 93,0 | 113,0 | 115,0 |

Les différences constatées sur la productivité totale ne sont significatives. (seuil $p = 0,95$) que pour les coupes réalisées au ras du sol, mais les biomasses obtenues en octobre sur les plots déjà exploitées sont plus variables que pour la série témoin. On peut seulement considérer qu'un prélèvement modéré sur la végétation en cours de développement n'a pas d'influence sur la croissance ultérieure ; en outre, aucune différence n'est jamais apparue pour une année donnée aux emplacements ayant servi aux mesures de l'année précédente.

Par contre, un prélèvement total de la strate basse à quelque moment du développement que ce soit (par exemple dans des plots de mesures selon la méthode de WIEGERT & EVANS) réduit considérablement la croissance après coupe.

PRODUCTIVITE SOUTERRAINE

Les biomasses hypogées ont été mesurées en août et en octobre à 3 reprises (1971, 1974 et 1975) ainsi qu'en février 1972. Deux séries de 75 profils ont été réalisés en 1971 dans les 15 fosses

destinées aux observations pédologiques ; les autres séries de mesures ne comprenaient que 20 profils répartis en 5 fosses, ces investigations étant jugées trop destructrices. Malgré le grand nombre d'échantillons traités - plus de 1000 au total - certains des résultats restent peu sûrs car les masses racinaires trouvées incluent le matériel mort aussi bien que vivant et ne fournissent qu'une indication sur la production nette.

Les résultats moyens ont été les suivants (matériel racinaire brut exprimé en mg par kg de terre :

| Date | Août | Octobre | Février |
|-----------------|---------------------|---------|---------|
| | moyennes 1974-75 | 1971 | 1972 |
| Groupements A | | | |
| Profondeur (cm) | | | |
| 0 - 10 | 410 | 590 | 290 |
| 10 - 20 | 150 | 160 | 100 |
| 20 - 50 | 30 | 70 | 30 |
| 50 - 100 | 0 | 22 | 10 |
| 100 - 200 | 0 | 1 | 0 |
| Groupements B | | | |
| 0 - 10 | 740 | 1100 | 470 |
| 10 - 20 | 295 | 310 | 190 |
| 20 - 50 | 50 | 145 | 50 |
| 50 - 100 | 0 | 30 | 10 |
| Groupements C | | | |
| 0 - 10 | 1080 | 1300 | 590 |
| 10 - 20 | 525 | 415 | 255 |
| 20 - 50 | 75 | 230 | 85 |
| 50 - 100 | 10 | 70 | 30 |
| 100 - 200 | 0 | 10 | 0 |

Ces résultats ont été reportés (figure 21) selon un système de coordonnées logarithmiques; entre 10 cm et 1 mètre de profondeur, l'enracinement est assez bien décrit par une relation de type :

$$\log (\text{masse de racines}) = A (\log \text{Profondeur}) + B$$

mais de part et d'autre de ces limites les biomasses observées sont plus faibles que si cette loi était retenue, et par suite la profondeur maximum de pénétration des racines (octobre) est d'environ 1,1 m pour les groupements B - 1,5 m pour les groupements A et 2 m pour les groupements C.

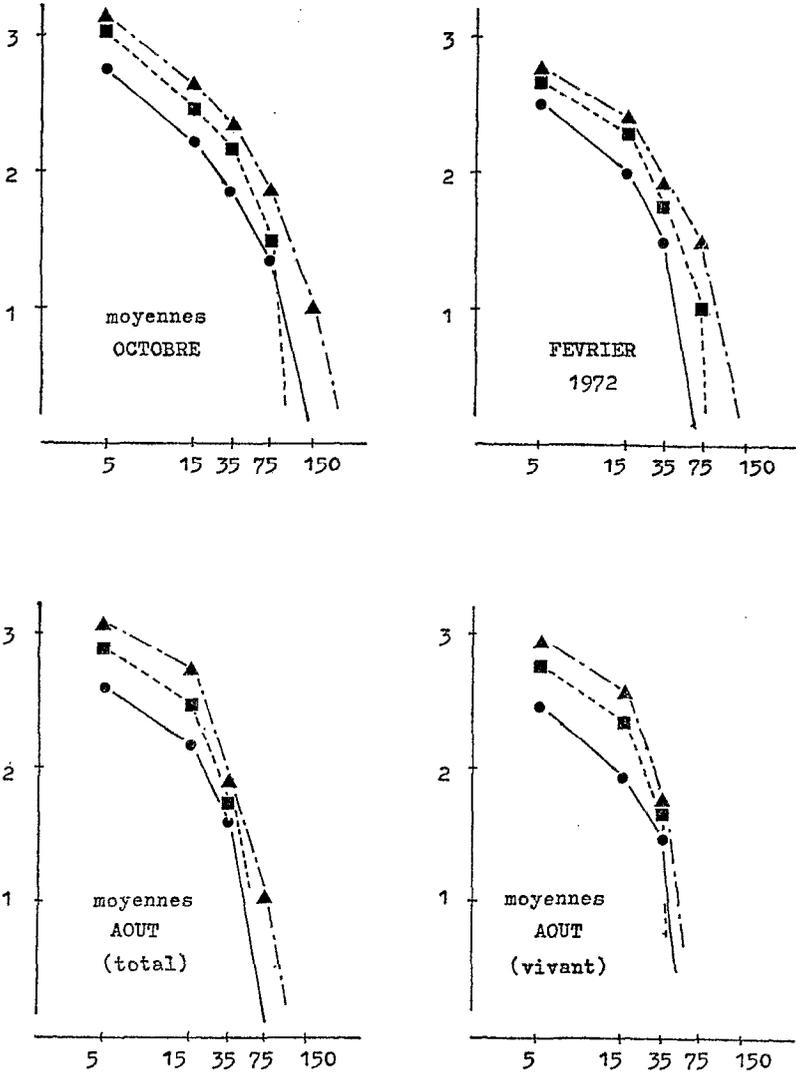
Compte tenu des facteurs de conversion convenables, les biomasses maximales moyennes ont été de :

| Profondeur | Milieu A | Milieu B | Milieu C |
|------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 0 - 10 cm | 68,5 g/m ² | 128,5 g/m ² | 150,5 g/m ² |
| 10 - 20 | 19,5 | 36,0 | 48,0 |
| 20 - 50 | 24,0 | 50,0 | 79,5 |
| 50 - 100 | 12,5 | 17,5 | 40,5 |
| 100 - 200 | 1,5 | 0 | 11,5 |
| TOTAL | 126 g/m ² | 232 g/m ² | 330 g/m ² |

Figure 21 :

ENRACINEMENT DE LA STRATE HERBACEE

abscisses: Profondeur (cm) ; ordonnées: log (mg de racines par Kg de sol)



Groupements : • A ■ B ▲ C

Les 50 premiers centimètres de sol renferment donc généralement plus de 85 p.100 des racines ; la biomasse hypogée est aussi importante que la partie aérienne pour les groupements B et C, mais beaucoup plus élevée dans le milieu A où les sols sont pauvres et l'alimentation en eau médiocre.

Evolution annuelle

En février, il reste à l'emplacement des groupements A, B et C respectivement 61 g, 99 g et 143 g de racines par m² de terrain. L'action des consommateurs primaires n'a jamais été observée et on peut supposer que la différence constatée est due à celle des décomposeurs qui se serait exercée durant 1 à 2 mois selon le milieu considéré, et que cette action reprend habituellement vers le 1er août.

Ainsi, les biomasses hypogées mesurées le 15 août sont la somme des racines restantes de l'année précédente et des racines nouvellement formées. On peut supposer que l'intensité de l'action des décomposeurs est assez variable en fonction du site, mais constante en valeurs relatives ; la diminution de biomasse enregistrée entre février et le 15 août serait alors comprise entre la moitié et le quart des valeurs mesurées entre octobre et février :

| | Milieu A | Milieu B | Milieu C |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Biomasse totale en août | 78,5 g/m ² | 137 g/m ² | 217 g/m ² |
| Racines vivantes minimum | 46 g/m ² | 70 g/m ² | 123 g/m ² |
| maximum | 62 g/m ² | 104 g/m ² | 170 g/m ² |

Si à cette époque les proportions entre masses aériennes et masses souterraines étaient les mêmes qu'en octobre, on devrait trouver 50 g/m² de racines dans le milieu A, 90 g/m² dans le milieu B et 140 g/m² dans le milieu C - cette hypothèse n'est pas contredite par le calcul précédent.

Rien ne permet donc de penser que l'évolution annuelle des parties souterraines est différente de celle des parties épigées pour la strate herbacée, et ce résultat sera admis dans la suite des calculs y compris pour l'évaluation de la production nette à partir de la biomasse maximale.

Variations inter-annuelles

Le tableau ci-après compare les quantités de racines (en g/m²) mesurées en octobre au cours des trois années où le travail a été effectué :

| Profondeurs | 0 - 10 | 10 - 20 | 20 - 50 | 50 - 100 | 100 - 100 | Total |
|----------------------|--------|---------|---------|----------|-----------|-------|
| Groupements A | | | | | | |
| 1970 | 62 | 29 | 17 | 7 | | 115 |
| 1974 | 70,5 | 12,5 | 30 | 16 | 2 | 131 |
| 1975 | 73 | 17 | 25 | 14,5 | 2,5 | 132 |
| Groupements B | | | | | | |
| 1970 | 87 | 32 | 32 | 24,5 | | 175 |
| 1974 | 138,5 | 40 | 60 | 16 | | 254 |
| 1975 | 160 | 36 | 58 | 12 | | 266 |
| Groupements C | | | | | | |
| 1970 | 110 | 51 | 62 | 45 | 28 | 296 |
| 1974 | 172,5 | 47 | 88,5 | 29 | 5 | 342 |
| 1975 | 169 | 46 | 88 | 47,5 | 1,5 | 352 |

Le rapport des masses épigées aux masses souterraines semble donc avoir été portionnellement plus élevé en 1970, année la plus sèche, dans les milieux B et C, mais plus réduite dans le milieu A, mais les variations sont trop faibles pour être vraiment significatives. La répartition des racines le long du profil varie également d'une année à l'autre : elles sont plus profondes en A au cours des années humides, mais dans le même temps plus superficielles en B et C.

Les fluctuations dans la masse et la répartition des parties souterraines peuvent donc être considérées comme certaines, et par suite le nombre d'années de mesures serait ici trop petit ; on retiendra, avec les réserves nécessaires, les proportions suivantes dans la biomasse herbacée :

| | Milieu A | Milieu B | Milieu C |
|-------------------|----------|----------|----------|
| Souterrain/Aérien | 1,68 | 1,08 | 0,98 |

Conclusion sur la productivité herbacée

Le calcul d'une productivité moyenne en milieu sahélien présente certainement un caractère assez artificiel : il est difficile d'inclure dans les valeurs retenues les productivités des années 1972 et 1973, années particulières dont l'échéance est très exceptionnelle. Si l'on ne considère que les 5 autres années d'étude, la durée moyenne des pluies utiles s'établit à 76 jours et ne diffère que de 5 % de la durée théorique de 80 jours : les résultats de ces 5 années seront donc utilisés pour la définition d'une strate basse moyenne compte tenu de la surface relative occupée par les 3 ensembles de groupements :

| | Milieu A | | Milieu B | | Milieu C | | Total |
|------------------------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|-------|
| | g/m ² | kg/ha | g/m ² | kg/ha | g/m ² | kg/ha | kg/ha |
| Biomasse max. aérienne | 82 | 738 | 228 | 160 | 401 | 120 | 1 018 |
| dont graines | | 26,1 | | 5,4 | | 4,5 | 36 |
| Biomasse max. hypogée | 136 | 1 224 | 246 | 172 | 393 | 118 | 1 514 |
| Production nette aérienne | | 1 060 | | 238 | | 152 | 1 450 |
| souterraine | | 1 775 | | 257 | | 148 | 2 180 |

LA PRODUCTION LIGNEUSE

BIOMASSES LIGNEUSES

Des ébauches de "tarifs" forestiers ont été obtenues en sacrifiant pour chaque espèce fréquente 5 à 10 individus choisis en fonction de leur circonférence. Un tel échantillonnage est certainement trop restreint pour permettre l'exploitation statistique des informations, et les risques d'erreurs sont d'autant plus forts que les arbres étaient plus grands - même sans envisager le cas des baobabs où les masses ont été estimées à partir des volumes calculés sur documents photographiques.

Les mesures de base ont été faites de 1969 à 1971, mais il sera fait appel en cas de nécessité aux résultats ultérieurs de H. POUPON (1974). Les fractions retenues sont appelées rameaux et petites branches jusqu'à un diamètre de 5 cm, grosses branches au-delà, tronc la tige principale au-dessus du sol, tronc racinaire sa prolongation souterraine, grosses racines celles dont le diamètre est supérieur à 5 mm et qui ont été extirpées une à une, racines fines enfin celles dont la masse a été mesurée selon la même méthode que pour les plantes herbacées et après déduction de la masse représentée par ces dernières.

Ces résultats font l'objet du tableau VI ; d'une façon générale, la masse ligneuse aérienne croît plus vite que la masse racinaire lorsque l'arbre se développe, et la croissance revêt une forme exponentielle. La variabilité individuelle est souvent élevée (cf. différences observées entre les *Balanites* de 14,9 et 15 cm de diamètre) ; cette diversité est physiologiquement très visible sur le terrain et on a cherché à en minimiser les effets dans le choix des individus sacrifiés.

En surface, le territoire exploré par les racines est irrégulièrement digité, et le site a une influence sur la distribution des racines qui

Tableau VI - BIOMASSES LIGNEUSES
(kg de matière sèche)

| | diamètre (cm) | rameaux et pet. branch. branches | grosses branches | tronc | tronc racinaire | grosses racines | racines fines | total |
|---------------------|------------------|--|---------------------|-------|--------------------|--------------------|------------------|-------|
| <i>Balanites</i> | | | | | | | | |
| <i>aegyptiaca</i> | 5,1 | 0,6 | 0 | 1,9 | 0,3 | 0,4 | 3,5 | 6,7 |
| | 8,0 | 2,0 | 0 | 4,4 | 1,9 | 1,7 | 6,2 | 16,2 |
| | 14,9 | 12,8 | 6,3 | 14,6 | 11,3 | 12,1 | 12,4 | 69,5 |
| | 15,0 | 8,4 | 11,8 | 16,3 | 8,0 | 9,3 | 12,6 | 73,8 |
| | 16,8 | 20,6 | 15,4 | 31,8 | 20,5 | 18,1 | 17,3 | 123,7 |
| | 27,3 | 63,1 | 54,8 | 86,0 | 33,7 | 51,8 | 30,0 | 318,5 |
| <i>Commiphora</i> | | | | | | | | |
| <i>africana</i> | 13,4 | 2,7 | 7,2 | 4,9 | 1,3 | 6,7 | 6,3 | 29,0 |
| | 14,0 | 3,5 | 7,8 | 4,2 | 1,8 | 8,1 | 6,5 | 32,0 |
| | 16,5 | 5,6 | 12,3 | 10,8 | 2,5 | 24,1 | 7,3 | 62,6 |
| | 21,5 | 8,7 | 36,7 | 18,3 | 3,7 | 47,6 | 8,5 | 123,5 |
| <i>Acacia</i> | | | | | | | | |
| <i>senegal</i> | 6,4 | 2,9 | 0 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 6,5 | 11,2 |
| | 10,5 | 4,3 | 5,7 | 6,1 | 1,7 | 3,2 | 11,4 | 32,4 |
| | 15,9 | 19,2 | 22,7 | 23,7 | 4,9 | 20,8 | 14,8 | 106,3 |
| <i>Guiera</i> | | | | | | | | |
| <i>senegalensis</i> | 3,8 | 2,2 | 0 | 0 | 0,2 | 0 | 2,1 | 4,5 |
| | 5,1 | 2,7 | 0 | 0,1 | 0,3 | 0 | 2,7 | 5,8 |
| | 7,0 | 2,9 | 0 | 0,4 | 1,6 | 0 | 3,1 | 8,0 |
| | 7,3 | 2,6 | 0 | 0,5 | 1,4 | 0 | 3,2 | 7,7 |
| | 8,9 | 4,4 | 0 | 4,0 | 3,2 | 0 | 3,5 | 15,1 |
| | 10,2 | 11,4 | 0 | 9,9 | 3,4 | 5,3 | 4,3 | 33,3 |
| <i>Grewia</i> | | | | | | | | |
| <i>bicolor</i> | | (bois mort) | | | | | | |
| | 6,4 | 2,4 | 0 | 3,0 | 1,0 | 0,7 | 6,5 | 13,6 |
| | 12,0 | 13,4 | 3,6 | 16,4 | 2,0 | 7,2 | 9,5 | 52,1 |
| | 12,2 | 20,4 | 4,0 | 25,3 | 3,5 | 16,8 | 10,0 | 68,0 |
| | 12,7 | 23,1 | 9,8 | 43,2 | 3,5 | 20,2 | 11,0 | 110,8 |
| | 15,6 | 33,6 | 55,0 | 97,0 | 20,6 | 29,4 | 11,5 | 247,1 |
| <i>Adansonia</i> | | | | | | | | |
| <i>digitata</i> | 100 | 130 | 3,4 m3 | = 650 | environ | 420 | 310 | 1510 |
| | 140 | 200 | 6,7 m3 | 1270 | " | 920 | 540 | 2930 |
| | 260 | 500 | 28,8 m3 | 5200 | " | 3400 | 900 | 10000 |
| | 320 | 900 | 52,0 m3 | 9300 | " | 7900 | 1200 | 19300 |

parcourent un long trajet superficiel lorsque le sol est humide. Les racines du baobab, de *Commiphora* et de *Grewia* se ramifient très vite et leur diamètre passe de 5 cm à 5 mm en moins de 6 mètres ; celles d'*Acacia* et de *Guiera* n'émettent le long de leur trajet que de fines radicelles, et la même réduction de diamètre est obtenue en plus de 8 mètres.

En moyenne, le rayon du territoire exploré par les racines est approximativement égal à la hauteur de l'arbre pour les *Balanites* et *Commiphora*, plus faible de 10 à 20% pour *Guiera* dont les racines s'enfoncent

rapidement et supérieur de 20 à 30% pour les *Acacia* et *Grewia*.

En ce qui concerne les racines fines, des essais exploratoires réalisés en décembre 1969 ont fourni les résultats bruts suivants (en g de racines par kg de sol) dans le cas de *Balanites*

| Profondeur du prélèvement | 5 -15 cm | 20-30 cm | 70-80 cm | 145-155 cm |
|------------------------------|----------|----------|----------|------------|
| Arbre de circonférence 16 cm | | | | |
| à 2 m du tronc | 0,77 | 0,32 | 0,08 | 0,02 |
| 4 m " | 0,83 | (0,18) | (0,02) | 0,015 |
| 6 m " | 0,46 | (0,23) | (0,01) | 0 |
| Moyennes | 0,80 | 0,32 | 0,08 | 0,02 |
| Arbre de circonférence 45 cm | | | | |
| à 2 m du tronc | 0,81 | 0,34 | 0,06 | 0,04 |
| 4 m " | 0,79 | 0,34 | 0,05 | 0 |
| 6 m " | 0,75 | (0,15) | (0,01) | 0 |
| Moyennes | 0,78 | 0,34 | 0,06 | 0,01 |
| Arbre de circonférence 85 cm | | | | |
| à 2 m du tronc | 0,78 | 0,40 | 0,05 | 0,01 |
| 4 m " | 0,84 | 0,28 | 0,09 | 0,03 |
| 6 m " | 0,72 | 0,36 | 0,06 | 0,02 |
| Moyennes | 0,77 | 0,35 | 0,07 | 0,02 |
| Moyennes à 2 m du tronc | 0,79 | 0,35 | 0,06 | 0,02 |
| 4 m " | 0,82 | 0,31 | 0,07 | 0,02 |
| 6 m " | 0,74 | 0,36 | 0,06 | 0,02 |

Il faut déduire des valeurs de ce tableau les quantités de racines d'origine herbacée respectivement : 0,52 mg/kg de sol ; 0,18 mg/kg de sol et 0,01 mg/kg de sol. C'est pourquoi on n'a pas tenu compte pour le calcul des moyennes, des résultats que pouvait justifier la présence de la strate basse. On constate alors que, à l'intérieur du territoire exploré par les racines, leur densité ne dépend que de la profondeur selon un schéma général du même type que celui qui avait été établi pour la strate herbacée.

Les figures 22 et 23 expriment les résultats bruts obtenus pour les 6 espèces ligneuses principales dont les profondeurs maximales d'enracinement seraient : 1 m pour *Grewia*, 2,5 m pour *Commiphora*, 4 m pour *Guiera* et *Adansonia*, 5 m pour *Acacia* et plus de 7 m pour *Balanites*. Leur traduction en poids sec réel par unité de surface (g/m²) est la suivante :

| Profondeur (cm) | 0-20 | 20-50 | 50-100 | 100-200 | 200-400 | 400-600 |
|-------------------|------|-------|--------|---------|---------|---------|
| <i>Adansonia</i> | 318 | 320 | 194 | 128 | 15 | 0 |
| <i>Balanites</i> | 59,7 | 40,0 | 32,7 | 26,2 | 11,9 | 2,5 |
| <i>Acacia</i> | 48,5 | 35,7 | 28,6 | 22,6 | 9,5 | 3,1 |
| <i>Commiphora</i> | 85,2 | 27,1 | 10,7 | 6,0 | 2,4 | 0 |
| <i>Guiera</i> | 43,3 | 28,6 | 17,2 | 11,9 | 4,8 | 1,0 |
| <i>Grewia</i> | 72,2 | 10,4 | 14,9 | 2,4 | 0 | 0 |

Avec l'exception du baobab (975 g/m² de racines), le chevelu racinaire des ligneux est donc moins dense que celui de la strate herbacée : par ordre décroissant 173 g/m² (*Balanites*), 148 g/m² (*Acacia*), 131 g/m² (*Commiphora*), 107 g/m² (*Guiera*) et 100 g/m² (*Grewia*). Une tranche de sol de 1,5 m de profondeur renferme de 80% à 95% des racines.

Il est maintenant possible de calculer les biomasses des individus moyens dans chacune des classes utilisées lors de la description des populations. Par exemple, dans le cas de *Balanites* (figure 24), on lit sur le graphique :

| Circonférence | Aérien, kg | Souterrain, kg |
|---------------|------------|----------------|
| 0 - 20 cm | 2,34 | 3,90 |
| 20 - 30 | 6,6 | 8,7 |
| 30 - 40 | 15,2 | 15,8 |
| 40 - 50 | 34,7 | 29,5 |
| 50 - 60 | 74 | 48 |
| 60 - 80 | 145 | 87 |
| plus de 80 | 250 | 152 |

On en déduit aisément les biomasses par unités de surface de terrain (kg/ha) :

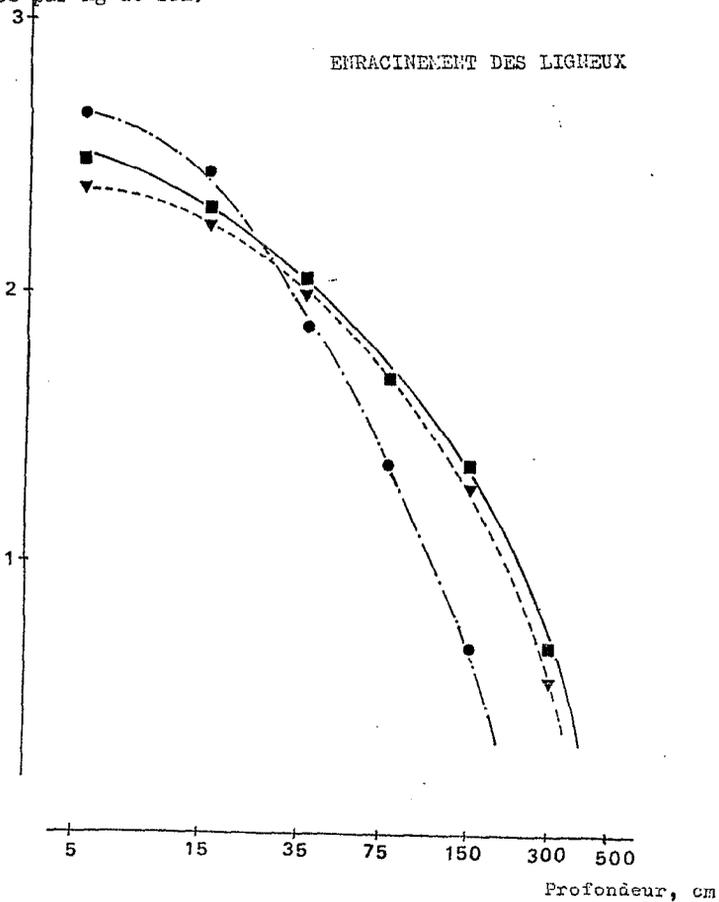
| Circonférence | Aérien, kg | Souterrain, kg |
|---------------|------------|----------------|
| 0 - 20 cm | 12,2 | 20,3 |
| 20 - 30 | 26,4 | 34,8 |
| 30 - 40 | 44,1 | 45,8 |
| 40 - 50 | 83,3 | 70,8 |
| 50 - 60 | 81,4 | 52,8 |
| 60 - 80 | 145,0 | 87,0 |
| plus de 80 | 175,0 | 106,5 |
| TOTAL | 567 | 418 |

Ce calcul fait ressortir l'importance prépondérante des individus âgés dans la biomasse. Il justifie la prise en considération des baobabs dont 4 individus seulement sont présents à l'intérieur du kilomètre carré de référence : on a retenu par la suite le centième de leur masses totale, bien qu'on ignore s'ils sont représentatifs de la population régionale d'*Adansonia*, soit 181 kg de masse aérienne et 157 kg de masse souterraine.

Des travaux analogues ont été effectués pour les autres espèces (figure 25). *Commiphora* et *Acacia* ne présentent aucune particularité par rapport à *Balanites*, et les résultats exprimés en kg de matière sèche, sont les suivants :

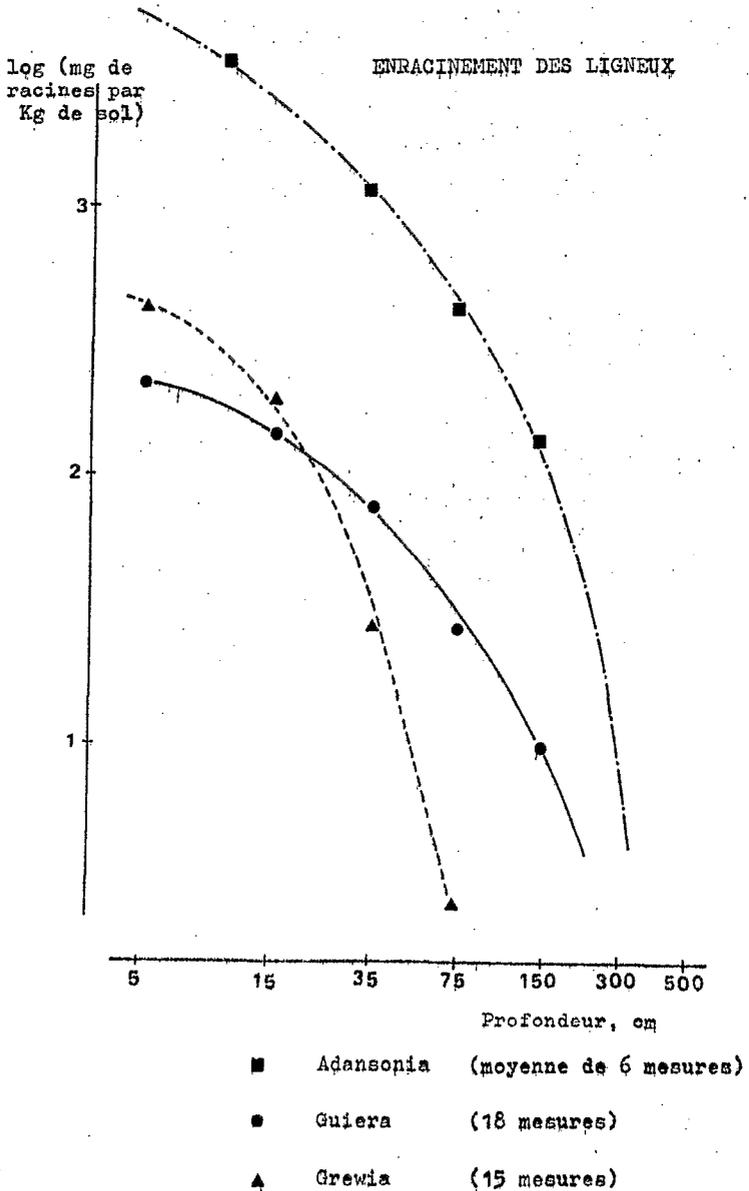
Figure 22

log (mg de
racines par Kg de sol)



- Balanites (moyenne de 18 mesures)
- Commiphora (15 mesures)
- ▼ Acacia (12 mesures)

Figure 23



BIOMASSE LIGNEUSE : Balanites aegyptiaca

- Partie épigée
- Partie hypogée
- ▼ fraction "Branches fines"

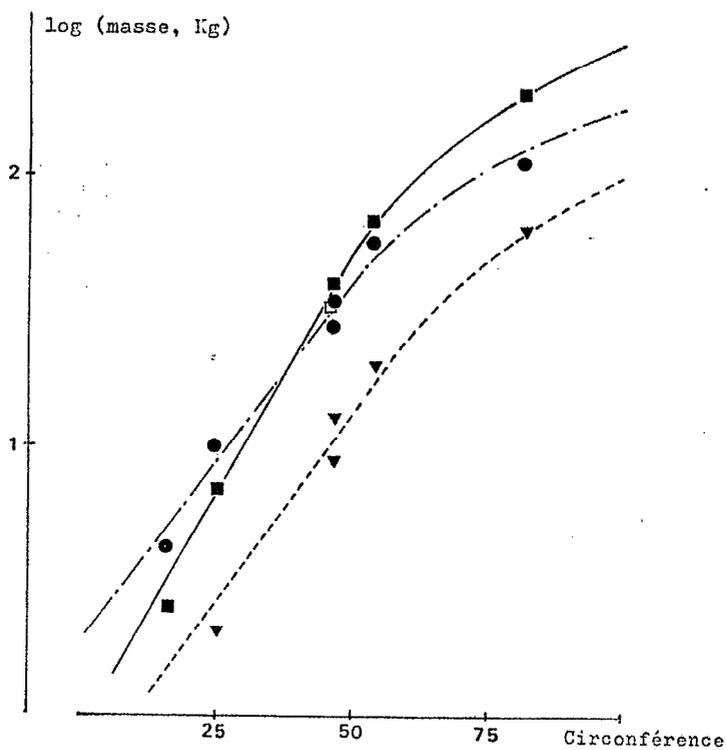
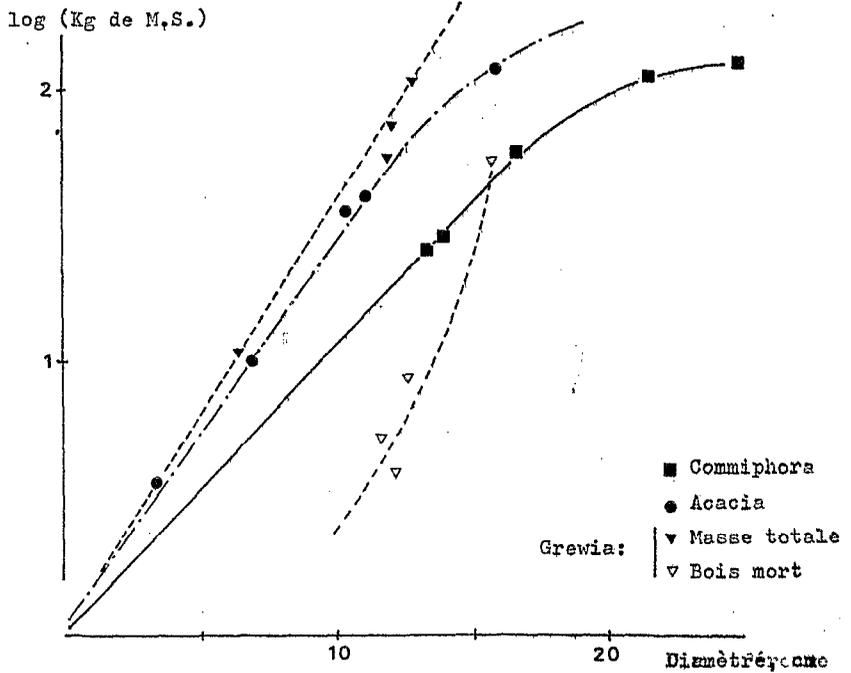


Figure 24



BIOMASSE LIGNEUSE (Masses totales)

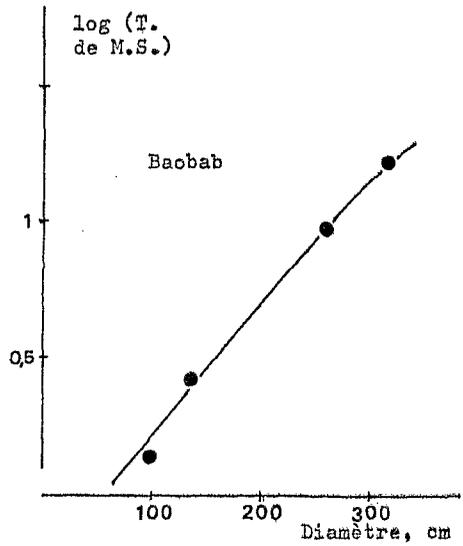
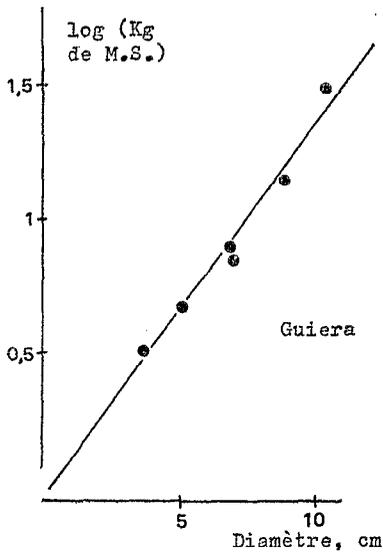


Figure 25

| Circonférence (cm) | <i>Commiphora</i> | | <i>Acacia</i> | |
|-----------------------|-------------------|------------|---------------|------------|
| | Aérien | Souterrain | Aérien | Souterrain |
| 0 - 20 | } 3,3 | 3,8 | 7,8 | 16,6 |
| 20 - 30 | | 8,3 | 17,9 | 25,5 |
| 30 - 40 | | 7,1 | 38,0 | 36,4 |
| 40 - 50 | 16,7 | 18,2 | 48,0 | 33,1 |
| 50 - 60 | 36,1 | 40,0 | 85 | 50 |
| 60 - 80 | 74,1 | 71,6 | | |
| plus de 80 | 115 | 107 | | |
| TOTAL /ha | 607 | 588 | 146 | 132 |

Par contre, *Guiera* et *Grewia* présentent une anomalie : il ne semble pas y avoir de limite à la phase exponentielle de croissance, ce qui pourrait s'expliquer par l'émission de tiges secondaires qui se comportent comme des individus jeunes, les deux arbustes étant multicaules.

Par ailleurs, il existe une grande variabilité dans les proportions des divers éléments de la biomasse de *Guiera*, et un nouvel élément a été distingué chez *Grewia* : le bois mort dont la masse est considérable pour les vieux individus. Les *Grewia* analysés ont été choisis en dehors des termitières qui modifient légèrement l'architecture de l'arbre : production de nouvelles racines au-dessus du collet initial et rejets plus abondants, de sorte que la présence des termites ne semble pas dommageable pour l'arbuste.

Les résultats sont les suivants (kg de MS)

| Circonférence (cm) | <i>Guiera</i> | | <i>Grewia</i> | |
|-----------------------|------------------------|------------|---------------|------------|
| | Aérien | Souterrain | Aérien | Souterrain |
| 0 - 10 | 0,68 | 1,58 | } 2,5 | } 4,7 |
| 10 - 15 | 1,26 | 2,34 | | |
| 15 - 20 | 2,51 | 3,45 | | |
| 20 - 25 | 5,36 | 5,25 | 8,5 | 9,3 |
| 25 - 30 | | | 13,5 | 13,2 |
| 30 - 40 | | | 32,4 | 21,9 |
| 40 - 50 | | | 102 | 43,6 |
| TOTAL /ha | 127 | 151 | 290 | 197 |
| | (dont bois mort) | | 38) | |

PRODUCTIVITE AERIEENNE

C'est la somme de la biomasse persistante élaborée au cours d'une année et de la production caduque représentée par les feuilles, fleurs et fruits.

Feuilles et fruits

La biomasse de feuilles et fruits a été, dans une première approche, considérée en tant que fraction de la masse des rameaux et petites branches, procédé imparfait mais qui eut l'avantage de fournir dès 1970 un ordre de grandeur de ces productions :

| Espèces | Masse de rameaux et branches fines | Pourcentage de | | Mâsses (kg/ha) | |
|-------------------|---------------------------------------|----------------|--------|----------------|--------|
| | | Feuilles | Fruits | Feuilles | Fruits |
| <i>Balanites</i> | 160 kg/ha | 9 | 5 | 14,4 | 8,0 |
| <i>Commiphora</i> | 93 kg/ha | 10,5 | 1,5 | 9,7 | 1,4 |
| <i>Acacia</i> | 51 | 20 | 7 | 10,3 | 3,6 |
| <i>Guiera</i> | 62 | 25 | 0,7 | 15,5 | 4,2 |
| <i>Grewia</i> | 105 | 28 | 6,5 | 29,4 | 6,8 |
| <i>Baqobab</i> | 17 | 11 | 1,2 | 11,8 | 0,2 |
| Divers (+ 9,6%) | | | | 7,6 | 2,3 |
| TOTAL | | | | 88 | 26,5 |

On peut appliquer à ces masses la même majoration que dans le cas de la strate herbacée pour l'évaluation de la production nette qui serait alors voisine de 160 kg/ha, soit 230 g/m² au sein des groupements B où la production ligneuse caduque est presque aussi importante que la production herbacée.

Cependant, cette productivité est très dépendante du climat, ainsi que le prouvent les mesures de POUPON (1974) : de 1971 à 1973, les variations suivantes ont été observées dans la production caduque totale (en kg/ha) :

| Espèces | 1971 | 1972 | 1973 | Moyenne 1970-73 |
|-------------------|------|------|------|-----------------|
| <i>Balanites</i> | 22,0 | 6,3 | 15,2 | 16,5 |
| <i>Commiphora</i> | 8,0 | 3,2 | 9,3 | 7,9 |
| <i>Acacia</i> | 16,1 | 6,2 | 10,3 | 11,6 |
| <i>Guiera</i> | 21,2 | 8,3 | 17,9 | 16,8 |
| <i>Grewia</i> | 35,6 | 6,6 | 17,8 | 24,0 |

En 1972 en particulier, la production de fruits a été nulle, et un certain arrière-effet de cette mauvaise année s'est fait sentir en 1973, si les fluctuations de productivité dues au climat sont moins sensibles que pour la strate basse, on peut imaginer leur effet vraisemblable sur la régénération des plantes ligneuses ; on ne pourra les négliger lors de l'étude des fluctuations de l'écosystème global.

Croissance ligneuse

Si l'on suppose que l'écosystème de Fâté Olé était en équilibre

en 1970, il en découle que la quantité de matériel ligneux aérien élaboré chaque année devait être égale à la quantité de litière ligneuse formée. Mais, dans les conditions sahéliennes, la chute du bois mort est plus généralement la conséquence d'une tornade violente et donc très aléatoire.

La plupart des arbres et arbustes présentent des cernes d'accroissement radial assez nets, quoique irréguliers, qui pourraient avoir la même signification qu'en zone tempérée, c'est à dire correspondre chacun à la croissance de l'individu au cours d'une année déterminée. Cette hypothèse semble vraisemblable d'après les observations effectuées dans deux cas (sur *Balanites* et *Baobab*) et selon l'opinion des spécialistes du Centre Technique et Forestier Tropical.

Cependant, considérant d'une part les variations individuelles élevées observées lors de l'examen des cernes, et d'autre part le nombre insuffisant des observations (et en particulier l'absence de mesures pour les autres espèces ligneuses), la formation annuelle d'un cerne unique sera admise par la suite sans démonstration réelle, la vérification de ce principe étant sans conséquences profondes pour l'interprétation des résultats du travail et leur application.

Tous les arbres et arbustes abattus ont donc fait l'objet d'un comptage de cernes sur une tranche de bois prélevée immédiatement au-dessus du collet (figure 26). Selon les valeurs obtenues, les croissances radiales moyennes annuelles seraient : *Acacia* 1,35 mm ; *Guiera* 1,56 mm ; *Grewia* 2,23 mm ; *Commiphora* 2,87 mm ; *Balanites* 3,03 mm et *Adansonia* 5,42 mm. A l'exception des baobabs, dont les plus vieux représentants auraient trois à quatre siècles, les plus vieux arbres de Fété Olé atteignent à peine 100 ans.

Incrément aérien

Etant admise l'hypothèse d'un cerne annuel d'accroissement, il est possible de calculer l'incrément annuel de la strate ligneuse ; dans le cas de *Balanites* :

| Circonférence (cm) | Nombre moyen de cernes | Gain de poids annuel | |
|-----------------------|---------------------------|----------------------|----------------|
| | | par individu (kg) | par ha (kg) |
| 0 - 20 | 6,5 | 0,36 | 1,9 |
| 20 - 30 | 13,0 | 0,65 | 2,6 |
| 30 - 40 | 18,2 | 1,65 | 4,8 |
| 40 - 50 | 23,4 | 3,75 | 9,0 |
| 50 - 60 | 28,6 | 7,55 | 8,3 |
| 60 - 80 | 39 | 7,55 | 7,6 |
| plus de 80 | 55 | 4,45 | 3,1 |
| TOTAL | | | 37,3 |

Si par ailleurs on se reporte aux courbes établies pour les populations ligneuses, on sait qu'il était possible de décrire les populations par des progressions géométriques de raison k ; la mortalité de l'ensemble des individus au cours d'une année moyenne serait le produit du nombre total d'arbustes par $(1 - k)$. En supposant la population en équilibre, le produit de la biomasse ligneuse par $(1 - k)$ doit être également voisin de l'incrément annuel.

Pour les 4 espèces les plus fréquentes, on obtient :

| | Rapport incrément/biomasse | Valeur de $1 - k$ |
|------------------|-------------------------------|-------------------|
| <i>Balanites</i> | 0,066 | 0,06 |
| <i>Acacia</i> | 0,045 | 0,05 |
| <i>Grewia</i> | 0,089 | 0,09 |
| <i>Guiera</i> | 0,060 | 0,10 |

L'accord est satisfaisant pour 3 espèces, mais assez mauvais pour *Guiera* ; deux explications sont possibles : ou bien la mortalité concerne habituellement les jeunes individus, avec une faible incidence sur les masses - ou bien *Guiera* formerait fréquemment ou constamment deux cernes par an.

PRODUCTIVITE SOUTERRAINE

Il avait été entrepris, au début du mois d'octobre 1972, de préciser l'enracinement des ligneux, et les résultats suivants furent obtenus pour *Balanites* et *Commiphora* (valeurs brutes, en mg de racines par kg de terre) :

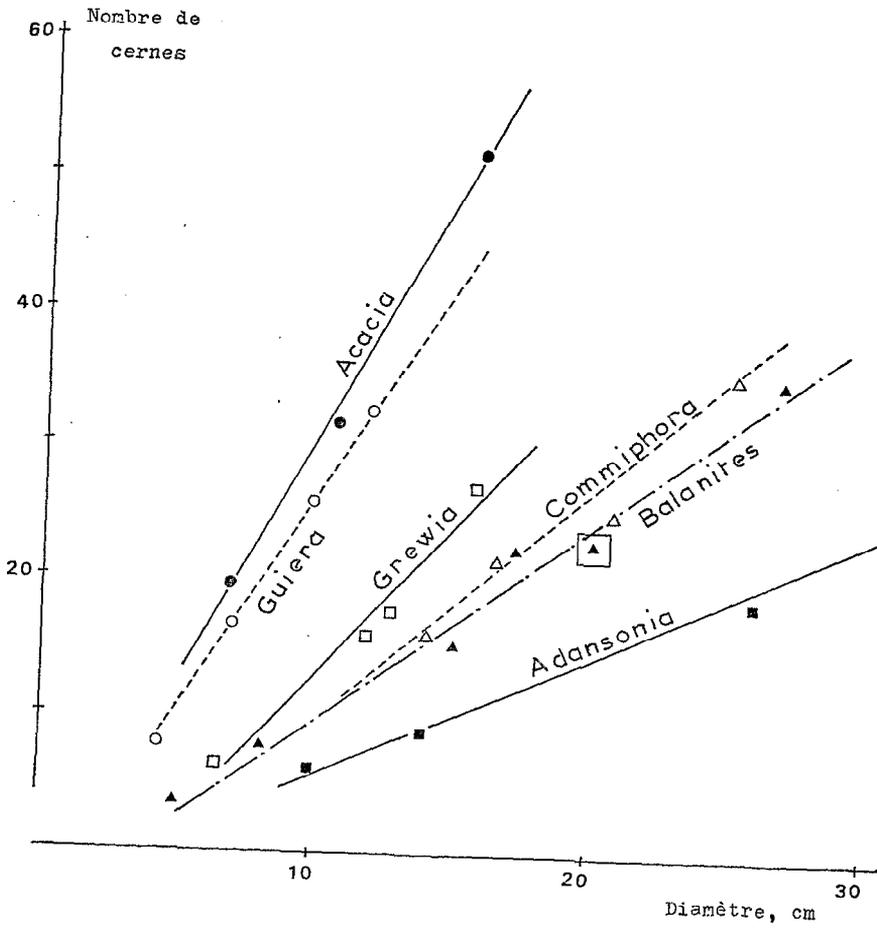
| Profondeur (cm) | <i>Balanites</i> | | <i>Commiphora</i> | |
|--------------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|
| | moyennes 1970-74-75 | 1972 | moyennes 1970-74-75 | 1972 |
| 0 - 20 | 265 | 310 \pm 24 | 375 | 430 \pm 40 |
| 20 - 50 | 120 | 135 \pm 11 | 80 | 95 \pm 8 |
| 50 - 100 | 55 | 65 \pm 5 | 20 | 23 \pm 3 |

Les résultats de 1972 sont systématiquement supérieurs à ceux des autres mesures, et il est difficile d'y voir une simple erreur d'échantillonnage, d'autant plus que les prélèvements correspondants présentaient une proportion inusitée d'éléments morts.

Si ces racines mortes avaient été produites avant 1972, on ne pouvait expliquer l'augmentation de la masse racinaire. Par contre, si de

Figure 26

NOMBRE DE CERNES DE CROISSANCE RADIALE OBSERVE
A FETE OLE



(le symbole encadré est tiré d'Aubreville, 1949)

nouvelles racines avaient été initiées en 1972 et étaient mortes au cours de la même année, le résultat était justifié : de telles racines, habituellement détruites au cours de l'année de leur formation, étaient restées ici grâce à l'absence d'activité des micro-organismes.

Au cours d'une année moyenne, l'incrément hypogé peut être calculé comme pour la partie aérienne :

| | | | | | |
|------------------|------|-------|-------------------|------|-------|
| <i>Balanites</i> | 27,4 | kg/ha | <i>Commiphora</i> | 31,7 | kg/ha |
| <i>Acacia</i> | 5,7 | " | <i>Grewia</i> | 17,6 | " |
| <i>Guiera</i> | 9,1 | " | divers | 8,8 | " |
| <i>Adansonia</i> | 1,7 | " | TOTAL | 102 | " |

Même si l'on admet que cet accroissement de biomasse souterraine se soit produit en 1972 et n'ait pas survécu, il ne saurait expliquer les majorations mesurées en fin de cette année et qui sont en moyenne supérieure de 16% aux valeurs habituelles : la productivité maximale, calculée comme pour les racines herbacées, n'aurait été que de 150 kg/ha environ ou 8% de la biomasse.

Il est plus difficile de chiffrer la masse de racines fugaces ainsi produite : théoriquement, ces radicelles représentent entre 8 et 16% de la biomasse souterraine, mais (compte tenu de la dispersion des résultats de mesures) cette proportion peut être comprise entre 6 et 21%. Une valeur moyenne de 12% (soit 77 kg/ha) sera retenue bien qu'elle puisse être assez éloignée de la valeur réelle.

Conclusions sur la productivité ligneuse

La récapitulation des résultats précédents permet de dresser un tableau de la productivité ligneuse :

| | |
|------------------------|-----------|
| Productivité aérienne | |
| Incrément | 123 kg/ha |
| Caduque | 163 kg/ha |
| Productivité racinaire | |
| Incrément | 102 kg/ha |
| Fugace | 77 kg/ha |
| TOTAL | 465 kg/ha |

Ainsi la production nette ligneuse serait identique à la production herbacée au sein des groupements B.

ÉLÉMENTS QUANTITATIFS DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME DE FÉTÉ OLÉ

Les différents compartiments de l'écosystème sahélien de Fété Olé sont encore insuffisamment et inégalement connus. Il n'est cependant pas impossible d'envisager les relations entre certains de ceux-ci et de formuler en particulier des hypothèses sur l'effet des consommateurs primaires ; il est également souhaitable de chercher à comprendre au niveau de l'écosystème global les conséquences des irrégularités climatiques, et en particulier celles de la période sèche 1972-73. Dans le même ordre d'idées, on pourra supputer les conséquences du déboisement fréquent de la zone sahélienne et des écosystèmes dérivés de celui de Fété Olé sous l'action des hommes.

FLUX D'ENERGIE DANS LE SYSTEME

La traduction des phytomasses en leur *équivalent énergétique* a soulevé des difficultés. En effet, les mesures réalisées à la bombe calorimétrique par IEMVT sur des éléments de la végétation ligneuse ou des racines, sont assez variables : les écorces représentent de 4185 à 4830 calories par g de matière sèche, les bois de 4495 à 4830 cal/g, les feuilles de 4165 à 4925 cal/g, les fruits de 4135 à 4920 cal/g et les racines (plantes herbacées et ligneuses) de 3720 à 4650 cal/g. Des réserves peuvent être formulées sur les valeurs moyennes retenues en raison du nombre trop faible d'échantillons :

| | Parties épigées | Parties hypogées |
|-------------------|-----------------|------------------|
| Plantes ligneuses | 4,7 Kc/g | 4,4 Kc/g |
| Plantes herbacées | 3,6 " | 3,9 " |

La figure 27 présente sous une forme imagée un aperçu global du compartiment correspondant à la production primaire nette de l'écosystème : une première représentation met en relief les masses produites par unité de surface dans chaque milieu, tandis que la seconde traduit l'intervention relative de chaque milieu dans l'écosystème sous forme énergétique. On constate en particulier que, bien que les groupements B et C n'occupent que 10% du territoire, ils sont responsables du tiers de l'énergie accumulée chaque année dans la phytomasse ; la présence d'une strate ligneuse correspond à un accroissement de 20% de l'équivalent en énergie de la production annuelle.

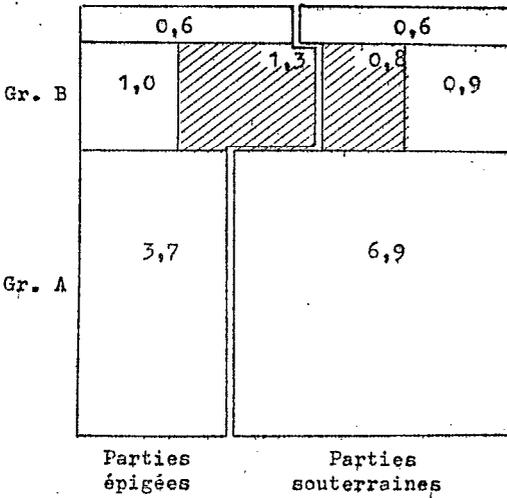
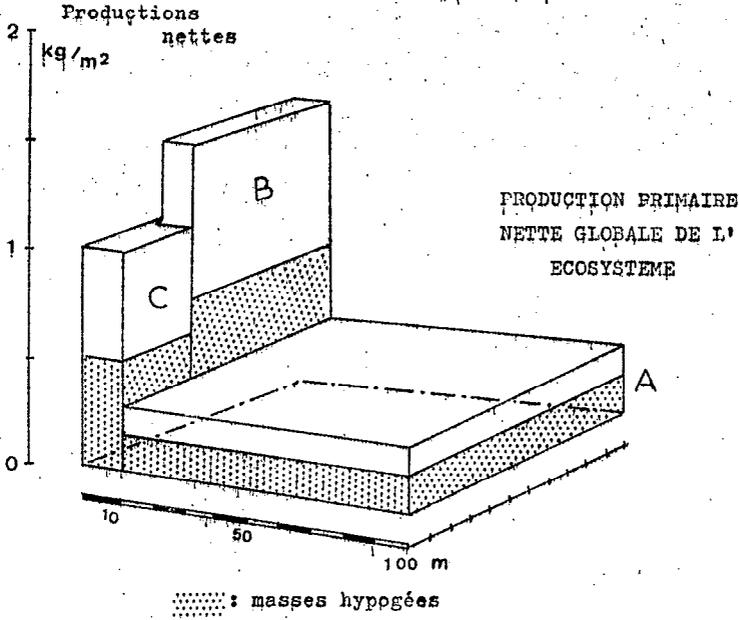
Dans le sol, la matière organique est répartie en fonction de la profondeur selon une loi assez proche de celle qui avait été établie pour la masse racinaire (figure 28), sauf dans le milieu B où l'existence de litière ligneuse entraîne un enrichissement superficiel élevé. Les premiers 50 cm de sol contiennent des masses importantes de matière organique, mais on peut difficilement comparer directement cet élément, qui ne contient que 5,77 % de carbone (cf. tableau 1), à la phytomasse. Il semble préférable de traduire le carbone du sol en son équivalent énergétique :

| | Milieu A | Milieu B | Milieu C |
|---------------------------------|----------|----------|----------|
| Carbone (kg/m ²) | 1,34 | 2,31 | 5,27 |
| Energie (10 ⁶ Kc/ha) | 84,5 | 12,9 | 12,6 |

Ainsi, l'énergie équivalente au carbone du sol ne représente que 8 à 10 fois celle de la végétation si l'on excepte le milieu B où la profondeur retenue pour le calcul est insuffisante. Ce rapport est du même ordre de grandeur que ceux déterminés par P. DUVIGNEAUD (1967) en zone tempérée, mais plus faible que celui cité par A. PERRAUD (1971) pour la forêt ivoirien-

L'efficacité photosynthétique du système est assez modeste. On sait (Tableau II) que le rayonnement solaire total est de 40 660 cal. par cm² entre le premier août et le 20 octobre : les groupements A fixeraient donc 0,29 % de l'énergie incidente, les groupements B : 1,4 % et les groupements C : 0,98 % au cours de cette période. Cependant, au niveau de l'ensemble du système, la transformation ne correspond qu'à une fixation moyenne de 158 calories par cm², ou 0,38 % (dont 0,05 % pour la strate ligneuse) du rayonnement total. Pour l'année entière, la proportion est réduite à 0,084 %.

Figure 27



Gr. C

Répartition de
l' ENERGIE
dans le compartiment
Végétation du système

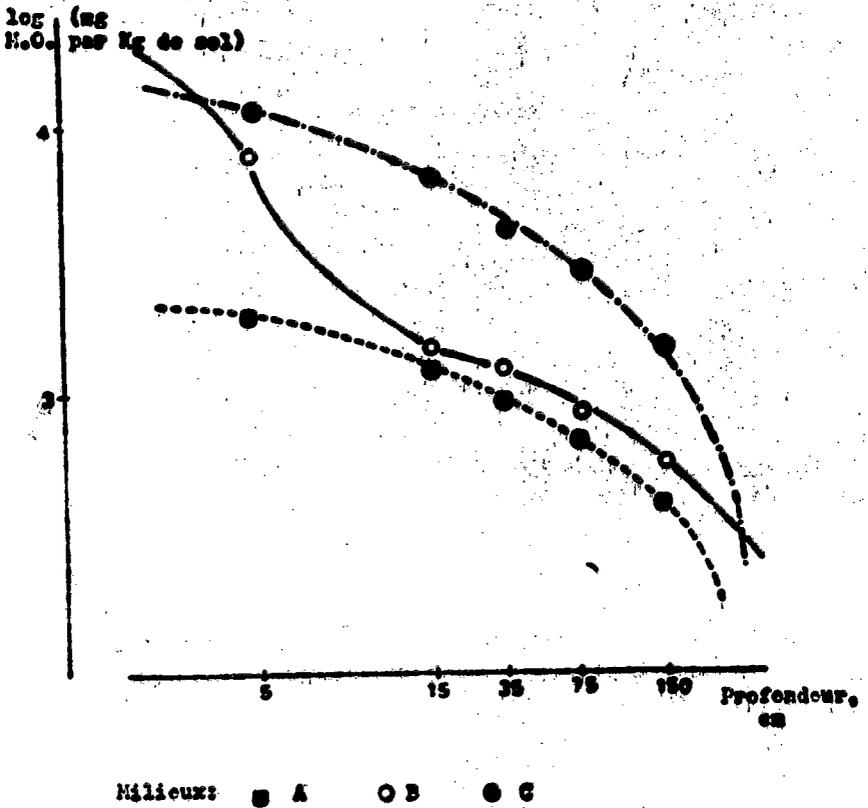
(en hachures:
végétation ligneuse)

Unité :

10⁵
Kc

Figure 18

REPARTITION DE LA FRACTION ORGANIQUE DU SOL



(d'après les résultats d'analyses des laboratoires de pédologie de l'ORSTOM à Dakar - Haas)

ELEMENTS DU BILAN DE L'EAU

C'est un problème assez simple si on admet que toute l'eau climatique est restituée à l'atmosphère au cours d'une année complète.

L'eau des végétaux représente une masse très variable, non seulement en fonction des saisons, mais même de l'heure de la journée à laquelle a été effectué le prélèvement. Elle correspond à une proportion en poids frais des parties pérennes des plantes ligneuses comprise entre 30% et 70%, *Commiphora* et le *Baobab* étant les plus aqueux ; la végétation herbacée et les feuilles d'arbres sont encore plus fluctuantes et l'eau peut y être présente jusqu'à concurrence de plus de 80% du poids frais.

Cependant, la végétation à son maximum d'hydratation n'immobilise que 4 à 5 fois en eau son propre poids sec et on peut considérer comme négligeables ces 30 tonnes d'eau par hectare de terrain, soit 3 mm en équivalent de pluie.

Dans le sol, on connaît les quantités d'eau présentes au divers moments de l'année (cf. figure 8) : considérés jusqu'à une profondeur de 2 mètres, ces sols contiennent de 1 à 3% d'eau au 15 juin, de 2,5% à 10% au 15 août et de 1,5% à 6% en octobre, quantités que l'on peut traduire en mm de précipitations :

| Milieu | A | B | C |
|-------------------|-------|--------|------|
| Situation en juin | 30 mm | 4,7 mm | 3 mm |
| " août | 75 " | 7,2 " | 10 " |
| " octobre | 45 " | 6,1 " | 6 |

Selon l'ordre de grandeur fourni par les moyennes pluviométriques de Podor, l'écosystème reçoit environ 70 mm de pluie en juin et juillet 205 mm en août et septembre, et 25 mm en octobre. Si donc, entre le 15 juin et le 15 août, le système a reçu la moitié des pluies, il n'a stocké que 54 mm d'eau et en a restitué près du double à l'atmosphère ; au cours de la seconde période, il perd plus qu'il ne reçoit (185 mm contre 150 mm) et l'eau immobilisée dans la phytomasse reste inférieure à 4% du flux.

Ces calculs ne donnent évidemment aucune indication sur la quantité d'eau qui transite réellement par les végétaux. Afin de préciser l'origine de l'eau utilisée par les plantes, on a comparé en octobre 1975 les profils hydriques d'un sol dépourvu artificiellement de végétation, d'un

sol enherbé et d'un sol exploité par un arbre :

| Profondeur (cm) | 10 | 30 | 50 | 70 | 100 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Teneurs en eau, % | | | | | |
| sol nu | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2,1 | 2,2 |
| végétation herbacée | 0,5 | 1,1 | 1,3 | 1,8 | 1,9 |
| végétation ligneuse | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 1,5 |

Les différences observées portent surtout sur les horizons superficiels et correspondent respectivement à des lames d'eau de 10 et 15mm. Elles confirment le caractère superficiel du siège de l'activité racinaire principale et permettent de supposer que l'eau présente dans la végétation est renouvelée chaque jour dans une large proportion.

On peut remarquer enfin que l'évaporation absorbe, à raison de 600 calories par g d'eau, une proportion importante de l'énergie incidente.

ELEMENTS DU CYCLE BIOGEOCHIMIQUE

Une centaine d'analyses chimiques ont été effectuées sur les principaux constituants de la phytomasse (tableau VII). Chaque échantillon analysé a été obtenu en prélevant une part aliquote de l'ensemble constitué par tous les éléments de même nature disponibles au moment du prélèvement : par exemple, l'échantillon de bois de *Balanites* était formé de copeaux prélevés sur 18 tranches de bois appartenant à 6 arbres différents ; les échantillons de racines groupent toutes les racines extraites à une même période et pour un même objet lors des déterminations de masses végétales ; les échantillons de végétation herbacée aérienne sont une fraction des 30 coupes réalisées pour chaque mesure sur le dispositif de WIEGERT et EVANS.

Dans chaque cas, 100 g de matériel sec ont été confiés aux Laboratoires de l'IEMVT et afin de permettre la comparaison avec d'autres résultats obtenus en Afrique tropicale, ces analyses prennent en considération la fraction cellulosique des végétaux et l'extratif non azoté (E.N.A.) qui permettent le calcul de la valeur alimentaire du produit.

Masses minérales présentes dans les végétaux

Lors de l'analyse des végétaux ligneux, les bois et écorces ont été traités séparément et on a simplement tenu compte des proportions relatives de ces éléments pour les calculs ultérieurs. Pour la strate herbacée, par contre, le choix d'une date pour l'évaluation des minéralomasses s'est

Tableau VII - RESULTATS D'ANALYSE CHIMIQUE DU MATERIEL VEGETAL (IEMVT - 1971)

| Echantillon | Mat.Prot. brutes % | Cell. % | Extr. ether. % | Minér. % | Insol. ClH % | E.N.A. % | Ca % | P % | Mg % | K % |
|---------------------------------------|-----------------------|------------|-------------------|-------------|-----------------|-------------|---------|--------|---------|--------|
| LIGNEUX - Bois | | | | | | | | | | |
| <i>Balanites aegyptiaca</i> | 3,18 | 40,10 | 1,88 | 3,13 | 1,10 | 51,71 | 0,43 | 0,02 | 0,09 | 0,47 |
| Id., branches fines | 7,78 | 31,85 | 2,77 | 7,67 | 0,25 | 49,93 | 1,27 | 0,06 | 0,28 | 2,33 |
| <i>Guiera senegalensis</i> | 3,26 | 36,10 | 0,38 | 2,00 | 0,07 | 58,26 | 0,60 | 0,05 | 0,08 | 0,27 |
| <i>Commiphora africana</i> | 5,37 | 41,50 | 1,22 | 3,97 | 1,43 | 47,94 | 0,69 | 0,03 | 0,14 | 0,46 |
| <i>Acacia senegal</i> | 0,32 | 35,05 | 3,92 | 10,09 | 5,49 | 50,62 | 1,27 | 0,04 | 0,16 | 0,60 |
| <i>Grewia bicolor</i> | 4,20 | 38,05 | 1,82 | 5,87 | 2,10 | 50,06 | 1,28 | 0,03 | 0,11 | 0,22 |
| Ecorces | | | | | | | | | | |
| <i>Balanites</i> | 6,15 | 26,10 | 1,20 | 7,90 | 0,80 | 58,70 | 2,03 | 0,03 | 0,13 | 0,54 |
| <i>Commiphora</i> | 5,31 | 21,70 | 4,53 | 10,70 | 0,77 | 57,76 | 3,36 | 0,04 | 0,27 | 0,69 |
| <i>Acacia</i> | 9,70 | 24,65 | 1,20 | 8,30 | 0,47 | 56,15 | 2,59 | 0,04 | 0,28 | 0,34 |
| Racines, Balanites | 2,92 | 35,70 | 2,88 | 15,78 | 13,38 | 42,72 | 0,32 | 0,02 | 0,07 | 0,16 |
| <i>Guiera</i> | 2,70 | 33,10 | 0,29 | 1,99 | 0,38 | 61,92 | 0,38 | 0,04 | 0,05 | 0,22 |
| <i>Commiphora</i> | 4,35 | 46,55 | 0,90 | 5,03 | 2,79 | 43,17 | 0,56 | 0,03 | 0,13 | 0,66 |
| <i>Acacia</i> | 6,50 | 41,50 | 1,06 | 5,28 | 1,13 | 45,66 | 1,26 | 0,04 | 0,29 | 0,24 |
| Feuilles, Balanites | 13,50 | 17,35 | 6,38 | 14,03 | 1,30 | 48,74 | 2,68 | 0,08 | 0,83 | 1,52 |
| <i>Guiera</i> (saison sèche) | 9,27 | 21,95 | 7,45 | 6,22 | 1,58 | 55,11 | 0,86 | 0,12 | 0,41 | 1,07 |
| <i>Commiphora</i> | 14,21 | 12,90 | 2,47 | 9,39 | 1,45 | 61,03 | 0,98 | 0,18 | 0,48 | 2,47 |
| <i>Acacia</i> | 18,18 | 11,20 | 6,66 | 8,45 | 1,83 | 55,51 | 1,32 | 0,14 | 0,38 | 1,03 |
| <i>Grewia</i> | 14,48 | 16,10 | - | 9,82 | 1,48 | - | 2,26 | 0,11 | 0,45 | 0,57 |
| <i>Boscia senegalensis</i> | 20,89 | 20,65 | 2,41 | 12,68 | 4,75 | 43,37 | 1,57 | 0,06 | 1,14 | 0,48 |
| <i>Sclerocarya birrea</i> (jeunes) | 6,69 | 11,90 | 5,35 | 9,20 | 1,43 | 66,86 | 1,57 | 0,16 | 0,74 | 1,56 |
| <i>Sclerocarya</i> (à terre) | 10,14 | 10,50 | 3,20 | 12,06 | 1,94 | 64,10 | 2,78 | 0,09 | 0,61 | 0,70 |
| Fruits, Balanites | 7,87 | 17,60 | 5,65 | 3,63 | 0,28 | 65,15 | 0,23 | 0,08 | 0,09 | 1,48 |
| <i>Guiera</i> | 14,47 | 32,40 | 7,03 | 6,70 | 2,52 | 39,40 | 0,68 | 0,21 | 0,32 | 0,88 |
| <i>Commiphora</i> | 8,40 | 21,30 | 4,50 | 7,00 | 1,65 | 58,80 | 0,88 | 0,16 | 0,39 | 1,45 |
| <i>Acacia</i> (gousses) | 11,13 | 28,75 | 1,21 | 5,50 | 0,36 | 53,41 | 1,34 | 0,09 | 0,25 | 0,68 |
| <i>Acacia</i> (graines) | 40,05 | 13,75 | 5,77 | 5,00 | 0,03 | 35,43 | 0,75 | 0,31 | 0,35 | 1,35 |
| <i>Grewia</i> | 4,92 | 13,00 | 3,53 | 4,24 | 0,12 | 74,31 | 0,92 | 0,14 | 0,26 | 0,80 |
| <i>Boscia</i> | 17,13 | 10,55 | 1,00 | 4,47 | 0,39 | 66,85 | 0,11 | 0,08 | 0,07 | 1,46 |
| <i>Ziziphus mauritiana</i> | 8,00 | 18,45 | 3,66 | 3,73 | 0,25 | 66,16 | 0,30 | 0,11 | 0,11 | 1,54 |
| Gomme, <i>Commiphora</i> | 13,42 | 0 | 0 | 1,54 | 0,50 | - | 0,25 | 0,02 | 0,09 | 0,09 |
| HERBACE - Groupements A (Dune) | | | | | | | | | | |
| Août | 6,32 | 31,70 | 1,95 | 7,96 | 3,27 | 52,07 | 0,58 | 0,11 | 0,35 | 1,43 |
| Septembre | 5,15 | 39,30 | 2,19 | 5,62 | 3,53 | 47,73 | 0,25 | 0,07 | 0,23 | 0,70 |
| Octobre | 4,39 | 33,55 | 1,30 | 14,50 | 10,28 | 46,26 | 0,59 | 0,13 | 0,31 | 1,34 |
| Décembre | 4,24 | 34,45 | 1,17 | 10,55 | 8,06 | 49,59 | 0,39 | 0,09 | 0,20 | 0,49 |

Tableau VII (suite)

| | Mat.Prot. brutes % | Cell. % | Extr. éther % | Minér. % | Insol. ClH % | E.N.A. % | Ca % | P % | Mg % | K % |
|------------------------------|-----------------------|------------|------------------|-------------|-----------------|-------------|---------|--------|---------|--------|
| Février | 4,50 | 33,15 | 1,00 | 12,44 | 8,78 | 48,91 | 0,45 | 0,09 | 0,22 | 0,62 |
| Juillet (dressée) | 7,83 | 27,55 | 1,65 | 21,88 | 14,97 | 41,09 | 0,99 | 0,11 | 0,53 | 2,32 |
| Juillet (à terre) | 5,48 | 29,25 | 1,24 | 22,43 | 15,70 | 41,60 | 0,72 | 0,11 | 0,34 | 1,54 |
| Groupements B | | | | | | | | | | |
| Août | 7,35 | 31,55 | 2,11 | 10,95 | 3,22 | 48,04 | 0,75 | 0,15 | 0,54 | 2,82 |
| Septembre | 6,57 | 34,40 | 1,88 | 9,96 | 3,93 | 47,19 | 0,60 | 0,12 | 0,49 | 2,20 |
| Octobre | 6,47 | 35,55 | 1,12 | 9,03 | 6,02 | 47,83 | 0,42 | 0,06 | 0,21 | 0,72 |
| Décembre | 5,85 | 33,80 | 1,80 | 12,39 | 7,27 | 46,16 | 0,64 | 0,22 | 0,35 | 1,46 |
| Février | 5,22 | 35,45 | 1,49 | 9,69 | 4,52 | 48,15 | 0,66 | 0,15 | 0,39 | 1,43 |
| Juillet | 6,47 | 34,50 | 2,20 | 15,18 | 10,56 | 41,65 | 0,74 | 0,12 | 0,35 | 0,77 |
| Groupements C | | | | | | | | | | |
| Août | 7,65 | 31,35 | 1,66 | 9,55 | 3,81 | 49,79 | 0,56 | 0,16 | 0,36 | 2,20 |
| Septembre | 9,86 | 33,20 | 2,05 | 7,66 | 2,75 | 47,23 | 0,74 | 0,17 | 0,31 | 1,52 |
| Octobre | 7,76 | 33,20 | 1,69 | 9,21 | 6,89 | 48,14 | 0,64 | 0,11 | 0,34 | 1,29 |
| Décembre | 7,35 | 32,50 | 1,68 | 12,66 | 7,70 | 45,81 | 0,71 | 0,11 | 0,39 | 1,31 |
| Février | 7,35 | 34,10 | 2,30 | 9,47 | 4,74 | 46,78 | 0,68 | 0,14 | 0,31 | 1,30 |
| Divers : collats et litières | | | | | | | | | | |
| Racines | 3,43 | 35,10 | 0,84 | 17,19 | 14,18 | 43,44 | 0,57 | 0,07 | 0,14 | 0,08 |
| | 8,53 | 16,35 | 1,43 | 45,07 | 37,86 | 28,62 | 1,11 | 0,08 | 0,28 | 0,26 |
| <i>Aristida funiculata</i> | | | | | | | | | | |
| Septembre | 5,12 | 36,85 | 1,84 | 5,12 | | 51,07 | 0,27 | 0,08 | 0,22 | 0,82 |
| Octobre | 4,12 | 34,10 | 1,38 | 6,19 | 3,27 | 53,91 | 0,32 | 0,12 | 0,18 | 1,05 |
| Janvier | 4,62 | 36,20 | 1,59 | 5,75 | 3,33 | 51,84 | 0,28 | 0,07 | 0,21 | 0,63 |
| Mars | 4,03 | 39,25 | 1,42 | 4,93 | 3,13 | 50,47 | 0,27 | 0,08 | 0,19 | 0,59 |
| <i>Brachiaria hagerupii</i> | | | | | | | | | | |
| Septembre | 5,19 | 32,80 | 1,77 | 8,02 | | 52,22 | 0,34 | 0,10 | 0,45 | 1,89 |
| Octobre | 5,85 | 35,55 | 1,31 | 7,53 | 3,06 | 49,76 | 0,30 | 0,12 | 0,25 | 2,10 |
| Janvier | 6,00 | 34,30 | 1,88 | 7,91 | 2,64 | 49,91 | 0,37 | 0,14 | 0,41 | 1,96 |
| Mars | 3,92 | 37,85 | 1,30 | 7,58 | 2,59 | 49,35 | 0,35 | 0,15 | 0,33 | 0,97 |

Tableau VII (suite)

| | Mat.Prot brutes % | Cell. % | Extr. éther. % | Minér. % | Insol. ClH % | E.N.A. % | Ca % | P % | Mg % | K % |
|--------------------------------|----------------------|------------|-------------------|-------------|-----------------|-------------|---------|--------|---------|--------|
| <i>Diheteropogon hagerupii</i> | | | | | | | | | | |
| Septembre | 4,40 | 38,70 | 1,61 | 5,84 | | 49,45 | 0,47 | 0,13 | 0,45 | 1,90 |
| Octobre | 3,12 | 29,40 | 1,88 | 5,30 | 2,51 | 60,22 | 0,21 | 0,13 | 0,17 | 1,03 |
| Janvier | 2,03 | 40,30 | 1,31 | 5,46 | 2,09 | 50,90 | 0,42 | 0,15 | 0,33 | 1,24 |
| Mars | 1,34 | 44,85 | 0,97 | 4,83 | 1,79 | 48,01 | 0,35 | 0,09 | 0,28 | 0,93 |
| <i>Zornia glochidiata</i> | | | | | | | | | | |
| Septembre | 14,00 | 26,00 | 2,96 | 5,79 | | 51,25 | 0,86 | 0,09 | 0,32 | 1,82 |
| Octobre | 12,83 | 29,45 | 1,24 | 5,12 | 2,24 | 51,36 | 0,55 | 0,12 | 0,18 | 1,35 |
| Janvier | 10,91 | 38,15 | 1,47 | 4,23 | 0,51 | 45,24 | 0,42 | 0,13 | 0,18 | 1,27 |
| Mars | 8,80 | 35,75 | 1,02 | 3,62 | 0,28 | 50,81 | 0,41 | 0,12 | 0,16 | 1,02 |
| GRAINES - | | | | | | | | | | |
| Graminées | 10,6 | 10,6 | 7,0 | 7,7 | | 64,1 | 0,16 | 0,42 | 0,25 | 0,26 |
| Papilionacées | 23,5 | 4,7 | 2,6 | 4,0 | | 65,2 | 0,10 | 0,46 | 0,24 | 1,22 |
| Cucurbitacées | 17,0 | 9,5 | 43,4 | 3,1 | | 27,0 | 0,06 | 0,50 | 0,29 | 0,44 |
| Tribulus terrestris | 11,9 | 27,7 | 11,1 | 14,1 | | 35,2 | 1,68 | 0,34 | 0,36 | 1,01 |
| Eaux de pluie, (mg/litre) | (N=) | 0,76 | | | | | 0,78 | 0,10 | - | |

révélé impossible en raison du comportement variable des espèces :

| dates | | 1.09 | 1.10 | 1.11 | 1.12 |
|--|---|------|------|-------|------|
| Productivité (g/m ²) | | | | | |
| Groupements | A | 40 | 100 | 118 | |
| Groupements | B | 200 | 290 | 335 | |
| Groupements | C | 315 | 450 | 495 | 510 |
| Quantité d'azote mobilisée (g/m ²) | | | | | |
| Groupements | A | 0,24 | 0,33 | 0,32 | |
| " | B | 0,92 | 1,19 | 1,30 | |
| " | C | 1,50 | 2,78 | 2,40 | 2,46 |
| Calcium (g/m ²) | | | | | |
| Groupements | A | 0,17 | 0,18 | 0,48 | |
| " | B | 1,08 | 1,24 | 1,00 | |
| " | C | 1,18 | 2,37 | 2,34 | 2,71 |
| Phosphore (g/m ²) | | | | | |
| Groupements | A | 0,02 | 0,03 | 0,065 | |
| " | B | 0,13 | 0,15 | 0,09 | |
| " | C | 0,22 | 0,31 | 0,23 | 0,24 |

On a donc établi les masses minérales utilisées en considérant pour chaque groupement les valeurs maximales observées dans la seule biomasse. Le tableau qui suit récapitule les valeurs correspondant au compartiment végétation de l'écosystème (quantités exprimées en kg/ha) :

| | N | P | K | Ca | Mg |
|----------------------------|------|------|------|------|-----|
| Groupements A | | | | | |
| aérien | 8,5 | 0,39 | 6,0 | 4,0 | 1,4 |
| souterrain | 9,2 | 0,60 | 11,2 | 11,7 | 4,4 |
| Groupements B (herbacé) | | | | | |
| aérien | 2,6 | 0,13 | 4,9 | 1,1 | 0,7 |
| souterrain (ligneux) | 1,4 | 0,09 | 1,7 | 1,7 | 0,6 |
| aérien | 2,8 | 0,09 | 1,4 | 2,7 | 0,4 |
| souterrain | 1,1 | 0,04 | 0,5 | 0,9 | 0,1 |
| Groupements C | | | | | |
| aérien | 2,5 | 0,08 | 2,0 | 0,8 | 0,3 |
| souterrain | 0,8 | 0,04 | 1,0 | 1,0 | 0,4 |
| TOTAL | 28,9 | 1,46 | 28,7 | 23,8 | 8,3 |

Outre le niveau général très bas de ces chiffres (en langue agronomique : 30 unités d'azote et de potasse par ha), on remarque l'extrême rareté de l'élément phosphore.

Les minéralomasses présentes dans le sol jusqu'à 50 cm de profondeur peuvent être calculées à partir du tableau II :

| Elément | Milieu A kg/ha | Milieu B kg/ha | Milieu C kg/ha |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| N total | 1 440 | 143 | 117 |
| P | 330 | 51 | 66 |
| K (21,2 Eq/g de K ₂ O/kg) | 350 | 29 | 16 |
| Ca (35,7 Eq/g de K ₂ O/kg) | 1 830 | 167 | 132 |
| Mg (49,7 Eq/g de K ₂ O/kg) | 830 | 90 | 72 |

et le rapport des masses présentes dans le sol aux masses utilisées pour la production annuelle nette est très variable :

(rapport - masses minérales du sol / masses
minérales de la végétation)

| | Globalement | Milieu A | Milieu B | Milieu C |
|----|-------------|----------|----------|----------|
| N | 60 | 76 | 18 | 35 |
| P | 300 | 330 | 170 | 510 |
| K | 18 | 20 | 3 | 6 |
| Ca | 90 | 116 | 27 | 74 |
| Mg | 120 | 144 | 48 | 109 |

Un sondage a été tenté en ce qui concerne les apports minéraux par les eaux de pluie (tableau VII) : un échantillon constitué des précipitations recueillies tout au long du mois d'août 1971 permet de supposer, dans la mesure où cet échantillon serait représentatif, que les pluies apporteraient chaque année à l'écosystème l'équivalent de près de 10% des minéraux nécessaires à la production primaire : 2,3 kg/ha d'azote - 0,13 kg/ha de phosphore et 1,7 kg/ha de calcium.

Variabilité plurianuelle

Les schémas théoriques qui précèdent ne présentent que des données moyennes, rarement réalisées et dont on peut s'écarter très largement. A titre d'exemple, on peut examiner l'incidence d'un feu détruisant la moitié de la strate herbacée (le cas s'est produit deux fois au cours de l'étude), et les conséquences des années sèches.

Entre 1971 et 1974, la strate ligneuse a été réduite de 20% en nombre, mais les individus âgés ont été les plus touchés et un peu plus de 30% de la biomasse ligneuse, tant souterraine qu'aérienne, a été réincorporée au sol, constituant un apport supplémentaire exceptionnel d'1 T/ha de matériel végétal, dont 550 kg sous forme de fragments déposés à la surface du sol et brûlés en 1974.

Par rapport au schéma général, le flux du compartiment végétation vers le sol était donc en 1974 augmenté de 20% en ce qui concerne la matière

organique, et les minéraux restitués excédaient de 10% à 25% les normes habituelles. Dans le seul milieu B, on peut ainsi calculer que le taux d'azote aurait ainsi augmenté de plus du quart dans les 5 premiers centimètres du sol.

En sens inverse, un feu modéré détruit encore 20% de la matière organique élaborée au cours de l'année. Les cendres sont généralement déplacées par les vents et il en résulte une accentuation de l'hétérogénéité du terrain puisque 3 kg d'azote, 0,3 kg de phosphore, 3,6 kg de potassium, 2,8 kg de calcium et 1,2 kg de magnésium passent en majeure partie du milieu A vers les endroits plus abrités.

On doit donc concevoir les flux au sein de l'écosystème non seulement comme des transferts dont l'intensité varie en raison du climat de l'année, mais également en fonction du potentiel moyen de l'écosystème lui-même fluctuant au hasard des aléas qu'il subit : ainsi, une année favorable (ou défavorable) peut avoir sur les années ultérieures des conséquences de sens contraire aux effets directs.

CONSOMMATION PRIMAIRE

L'impact trophique de certains insectes sociaux (M. LEPAGE, 1972) des oiseaux (G. et Y. MOREL, 1972) et des rongeurs (A. POULET, 1972), ainsi que sa variabilité pluri-annuelle (mêmes auteurs, 1974), ont été enregistrés à Fété Olé. Ainsi, les termites consomment en année moyenne de 1' à 50% de la masse herbacée épigée selon le milieu considéré, mais leur activité s'oriente vers la récolte du bois mort en cas de sécheresse et les proportions des diverses espèces sont modifiées ; l'avifaune, qui correspond à un poids vif de l'ordre de 0,4 kg/ha, n'a d'impact notable que sur les graines (10 % de la production) et a diminué de moitié en 1972 ; les petits rongeurs prélèvent de l'ordre de 15% de la seule production de diaspore.

En outre, certaines années connaissent des pullulations particulières d'animaux : sauterelles en 1974, rats en 1975. Ces invasions, auxquelles on ne peut attribuer de périodicité définie, entraînent évidemment des prédations supplémentaires qu'il n'est pas possible de chiffrer ici. Néanmoins, l'écosystème de Fété Olé peut sembler peu représentatif surtout par l'absence des principaux consommateurs habituels au Sahel, à savoir le bétail domestique.

Or, l'action du bétail s'exerce avec une intensité croissante lorsqu'on va à Fété Olé vers le forage de Tatki, sur des formations végétales assez proches de celles qui ont été décrites ; cette exploitation est ancienne et constante, et les animaux se nourrissent en liberté sans autre contrainte

que les nécessités d'abreuvement.

On s'est donc efforcé d'étudier les phénomènes liés à la présence d'un nombre variable d'animaux selon ce transect et d'en tirer des conséquences logiques sur les possibilités d'élevage bovin au Sahel.

Action du bétail sur la végétation

Cette étude a été partiellement réalisée en collaboration avec M. BOCOUM (1971) à partir de 3 aires situées respectivement à 3 km, 7 km et 14 km du point d'eau de Tatki en direction de Fété Olé. A mesure que l'on s'approche du forage, la strate ligneuse se raréfie et la strate herbacée subit l'évolution qualitative résumée dans le tableau suivant, dressé en 1971 :

| Distance : | 23 km | 14 km | 7 km | 3 km |
|--------------------------------|------------|-------|------|------|
| | (Fété Olé) | | | |
| Espèces : | | | | |
| <i>Aristida funiculata</i> | 20 | 22 | 8 | 7 |
| <i>Aristida mutabilis</i> | 19 | 15 | 10 | 8 |
| <i>Schoenefeldia gracilis</i> | 12 | 11 | 12 | 6 |
| <i>Cenchrus spp.</i> | 1 | 0 | 3 | 6 |
| Autres Graminées | 9 | 13 | 14 | 28 |
| Total Graminées | (61) | (51) | (47) | (55) |
| Cyperacées | 4 | 4 | 2 | 2 |
| <i>Blepharis + Polycarpaea</i> | 5 | 6 | 6 | 1 |
| Papilionacées | 1 | 1 | 8 | 23 |
| Autres Dicotylédones | 5 | 4 | 6 | 12 |
| TOTAL | 76 | 76 | 69 | 93 |

Ainsi à 14 km de Tatki la strate herbacée est à peu près la même qu'à Fété Olé, puis le nombre de Graminées des genres *Aristida* et *Schoenefeldia* diminue pour faire place à *Chloris prairiei* puis *Dactyloctenium*, *Cenchrus* et *Tripogon*. Dans le même temps, les Papilionacées deviennent plus nombreuses (surtout *Zornia glochidiata*) et de petites Dicotylédones remplacent les Graminées : *Gisekia pharmacioides*, *Tribulus terrestris*, *Altermanthera nodiflora*, *Evolvulus alsinoides*, *Gynandropsis gynandra*, *Coldenia procumbens*. Ces espèces sont, avec *Zornia*, les seules qui subsistent aux abords immédiats de l'abreuvoir.

Quantitativement, la biomasse aérienne sur pied est peu affectée par la présence des animaux immédiatement à la fin de la saison de croissance herbacée, ce qui permet de supposer que la production nette aux abords du forage a été bien plus élevée qu'à Fété Olé ; on note seulement un certain fléchissement de la production entre les 7ème et 14ème km. Ces caractères ont par ailleurs été confirmés et décrits par VALENZA (1970).

Cependant, l'évolution de la biomasse herbacée au cours de la saison sèche est différente le long du transect (figure 29a) pour deux raisons agissant dans le même sens : d'une part, les feuilles des *Zornia* tombent au sol et des fragments végétaux sont brisés lors du passage du bétail ; d'autre part, la prédation par les animaux s'exerce surtout à proximité du puits jusqu'en décembre, puis s'en écarte.

La consommation peut être calculée comme différence entre la qualité de matériel végétal sur pied disparue au cours d'une période donnée, et la dégradation naturelle de cette biomasse à Fété Olé au cours de la même période :

| | Distance au forage | | | |
|-----------------|--------------------|----------|----------|----------|
| | 3 km | 7 km | 14 km | 18 km |
| en Nov. et Déc. | 160 kg/ha | 45 kg/ha | 30 kg/ha | 20 kg/ha |
| de Janv. à Mars | 0 | 35 | 25 | 10 |

Si l'impact trophique des troupeaux a été le même d'août à octobre qu'au mois de novembre, la productivité aux différents points peut être estimée à 900 kg/ha au delà du 14ème km, 850 kg/ha entre le 5ème et le 14ème km et plus de 1300 kg au 3ème km.

On a ainsi un ordre de grandeur des quantités prélevées aux différentes distances du forage entre août et novembre d'une part, et entre décembre et juillet d'autre part :

| Distance de Tatki | 0 - 5 km | 5 - 10 km | 10 - 15 km | 15 - 20 km |
|--------------------------|----------|-----------|------------|------------|
| Surface, km ² | (80) | (230) | (400) | (550) |
| Saison des pluies | 600 | 200 | 150 | 100 |
| Saison sèche | 0 | 200 | 150 | 50 |

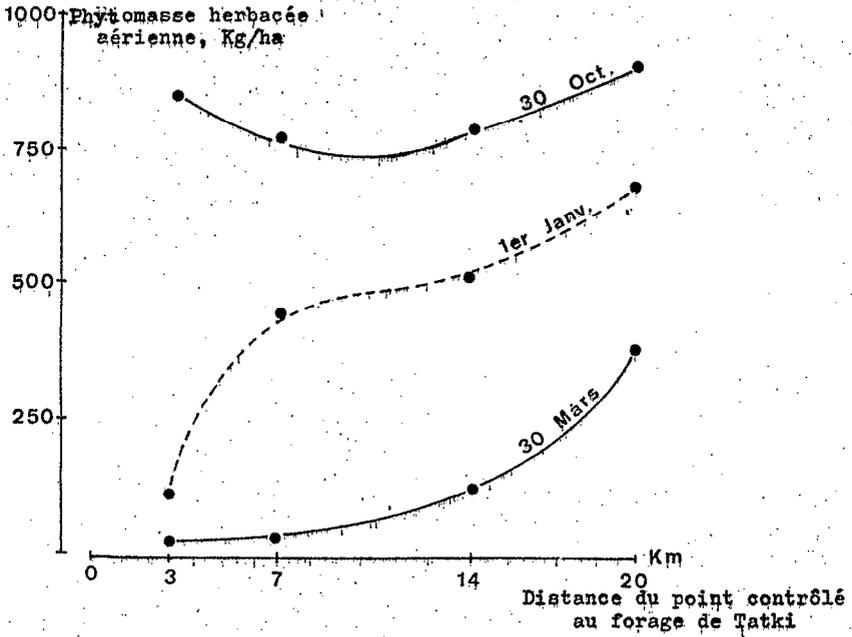
Pour l'ensemble des surfaces dépendant du forage, les consommations ont donc été de 20 900 tonnes en saison des pluies et 13 350 tonnes en saison sèche. Sachant qu'un bovin moyen absorbe un peu moins de 200 kg de matière sèche par mois, on peut en déduire une estimation du cheptel présent sur la zone : 27500 unités-bovins en saison des pluies, et 8 000 unités seulement en saison sèche.

Il est nécessaire de remarquer que, en saison des pluies, près de la moitié du cheptel est concentré dans un rayon de 10 km autour du puits où par suite chaque animal ne dispose que de 2,5 ha contre 5 entre 10 et 20 km.

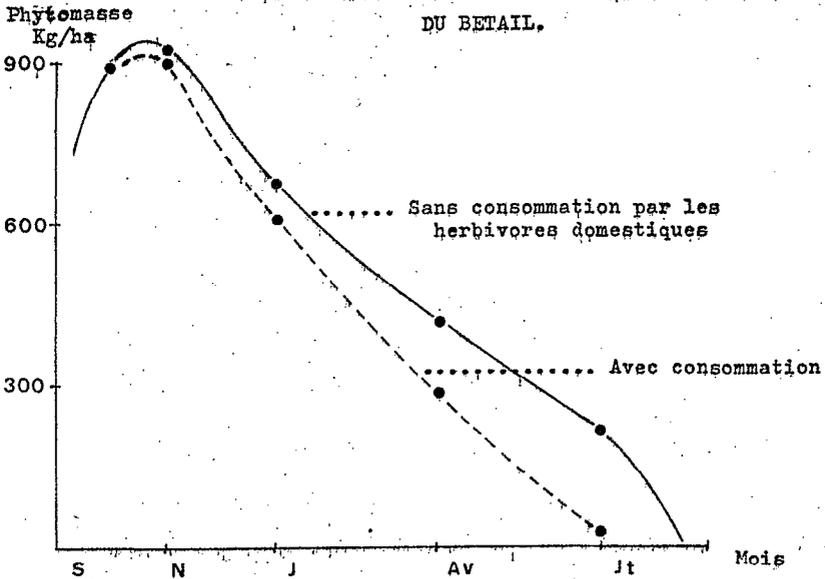
Possibilités théoriques d'exploitation de l'écosystème

On a vu qu'au cours de la saison sèche, la biomasse herbacée aérienne se dégrade en moyenne de 85 kg de matière sèche par ha et par mois :

Figure 29



a) EVOLUTION DE LA BIOMASSE SOUS L'ACTION DU BETAIL.



b) POSSIBILITES THEORIQUES DE PRELEVEMENT PAR LE BETAIL.

cette dégradation doit être déduite de la biomasse maximale théorique pour connaître la quantité de matériel végétal réellement disponible, soit :

$1020 \text{ kg/ha} - (85 \times 9) = 255 \text{ kg/ha}$ en saison sèche, et pour l'année entière : $255 \times 12/9 = 340 \text{ kg de MS/ha}$

Dans ces conditions, 1 ha de parcours alimente un animal pendant 54,4 jours (ce qui correspond à 6,7 ha par an), et tout se passe comme si l'animal avait eu à sa disposition 19 kg de la biomasse herbacée maximum, norme retenue par G. BOUDET (1976). Les propositions d'exploitation de J. VALENZA (1972), obtenues à partir de procédés différents, sont de 6,35 ha/animal et année et rejoignent également nos résultats.

Les possibilités théoriques d'exploitation du système correspondent également au tiers de la biomasse fin octobre et équivalent, quant au cycle du carbone, à l'action d'un feu détruisant tout le tapis herbacé une année sur trois. On les retrouve enfin réalisées à environ 10 km de Tatki, limite au-delà de laquelle aucune modification due au bétail n'est perceptible dans l'écosystème.

Rôle de la strate ligneuse

Si l'on s'attache aux aspects qualitatifs de la consommation primaire, on sait que l'animal moyen de référence soit trouver, dans sa ration une énergie nette de 5 300 kJ (ou, selon une terminologie généralement utilisée, 2,8 unités fourragères) et 160 g de matière protéinique digestible (MPd).

Calculées à partir des analyses du tableau VII, les valeurs alimentaires des rations sont les suivantes :

| Périodes | Unités Fourragères | M.P.d., g |
|--------------------|--------------------|-----------|
| Août à octobre | 3,6 à 3,8 | 170 à 210 |
| Novembre à janvier | 2,6 à 3,0 | 30 à 120 |
| Février à juillet | 2,2 à 2,6 | traces |

Pendant au moins 6 mois, la végétation herbacée est donc impropre à l'alimentation animale si elle est utilisée seule, et le complément indispensable est apporté par les feuilles et les fruits des arbustes, dont la valeur par kg de matière sèche est la suivante :

| | U.F. | M.P.d., g |
|-----------------|-----------|-----------|
| Feuilles vertes | 0,7 à 1,0 | 100 à 200 |
| Fruits | 0,9 à 1,1 | 80 à 120 |
| Feuilles sèches | 0,9 | 30 à 70 |
| Moyenne | 0,9 | 100 |

Il faudra au cours de la saison sèche que chaque animal de référence dispose chaque jour de 1 kg à 1,5 kg d'aliments provenant de la strate ligneuse ; ce complément représenterait 300 kg/an ou encore environ 40 kg de MS /ha (1/3 de la production en feuilles et fruits).

Ainsi, outre l'intérêt de la strate ligneuse sur le plan quantitatif (biomasses accrues de 25%), les arbres et arbustes sont indispensables à la survie du cheptel dans les systèmes pastoraux traditionnels. Par suite, le déboisement rend impropre à l'activité humaine les surfaces touchées et aboutit à la désertification au sens premier du terme ; création de lieux "sauvages et sans habitants" (P.E. Littré : Dictionnaire de la langue française).

CONCLUSIONS

La première idée qui se dégage de l'étude qui a été exposée concerne les limites de sa portée. Bien que les particularités typiquement sahéliennes de Fété Olé aient été notées à maintes reprises, on ne peut prétendre obtenir de ce seul cas un concept général du macro-écosystème sahélien qui offre d'autres aspects que ceux analysés au Sénégal.

En dehors des vastes étendues sableuses presque plates qui ont servi de cadre physique aux travaux, le Sahel comprend encore de larges vallées inondables qui sont le refuge privilégié des habitants et le but des grands déplacements annuels des troupeaux et de leurs bergers ; on trouve aussi au Sahel de vastes pénéplaines latéritiques où le boisement est moins épars et où les conséquences de la raréfaction des arbustes sont encore plus graves qu'au Ferlo septentrional ; la frange sahélienne inclut enfin des zones moins sèches et moins inhospitalières sur lesquelles l'influence croissante de l'homme impose des modifications dont les conséquences ne sont pas encore toutes prévisibles.

Dans une publication récente, G. BOUDET (1975) distingue trois subdivisions dans le Sahel en fonction du gradient Nord-Sud de pluviosité, chacune d'elles présentant sept unités physiognomiques selon le modèle du relief et la nature du substrat. Les productivités s'étagent de 400 kg de matériel sec par ha avec 200 mm de pluie à 3 T/ha dans les dépressions limono-argileuses du secteur sahélo-soudanien. Si, dans le but de situer Fété Olé dans le contexte élargi des savanes tropicales d'Afrique, on prend en considération les zones humides, notre site occupe une position marginale, en égard aux 5 à 10 T/ha de production herbacée fréquemment mesurée en régions guinéennes (BOUDET, 1963 - CESAR, 1971 - MENAUT, 1973).

La variabilité spatiale du milieu a été retenue comme l'une des grandes caractéristiques de Fété Olé où l'hétérogénéité est liée à la topo-

graphie, soit que l'eau météorique s'accumule temporairement dans les points les plus bas, soit que la différenciation s'exprime à travers la distribution des espèces ligneuses, conduisant aux trois unités écologiques distinguées lors des recherches.

Cependant, la variabilité spatiale est fonction de l'échelle adoptée pour l'étude, puisque les structures sont répétitives et qu'on eût pu considérer globalement une phytocoenose qui rassemble les trois groupes d'associations élémentaires décrites. A plus petite échelle, l'image de la surface d'étude est celle qui a été utilisée au moment de l'examen global des divers compartiments de l'écosystème, et également l'image la plus habituellement fournie dans les ouvrages traitant d'aménagement pastoral.

Dans le cas de Fété Olé, l'analyse fine des éléments de la phytocoenose a été rendue nécessaire pour la compréhension réelle de phénomènes tels que la mise en place annuelle de la strate herbacée ou les conséquences et la signification de la période de sécheresse 1972-73. Il n'en reste pas moins que ces éléments sont indissociables et en constante interaction, de sorte que l'étude d'un seul d'entre eux eut été sans signification logique : bien que les surfaces dunaires à Graminées dominantes représentent 90 p.100 du territoire, leurs caractéristiques phytoécologiques sont intimement liées à l'existence des deux milieux complémentaires, et dont la distribution en mosaïque impose la prise en considération d'un échantillon de grande taille.

La *variabilité temporelle* du système est sa seconde caractéristique principale, directement liée aux fluctuations climatiques à l'examen desquelles une place privilégiée a été, de ce fait, réservée. Les pluies transmettent leur caractère aléatoire à l'ensemble de l'écosystème, et les observations possibles au cours d'une année particulière intègrent les conditions de l'année et celles d'un passé plus ou moins long selon l'objet plus spécialement examiné, de sorte que tout travail en région sahélienne doit être une entreprise de longue haleine dont la possibilité n'est pas toujours offerte.

Sans doute les aléas climatiques sont-ils répétitifs, eux aussi, même si leur déterminisme nous échappe encore. Le potentiel productif des systèmes sahéliens oscille entre des limites qu'on peut définir, mais son expression probabiliste à un moment donné est de peu d'aide pour son utilisation par l'homme et à son bénéfice. Le milieu sahélien reste un système marginal de par sa pauvreté : phytomasses fluctuant chaque année entre 4 tonnes et 7 tonnes de matériel par hectare, production nette généralement inférieure à 4 tonnes/ha.

Le système sahélien est aussi un milieu fragile : son fonctionnement habituel suppose que moins d'un tiers de la seule production nette aérienne puisse être prélevée par les consommateurs à Fété Olé, et le refus ou l'ignorance de cette limite aboutit à une modification totale et rapide du milieu où tous les phénomènes sont à la fois tenus et intenses. L'aptitude du Sahel à surmonter les accidents naturels, la récupération biologique observée à la suite d'une sécheresse rare et dommageable, ne doivent pas faire oublier le peu de résistance qu'il oppose aux abus répétés des humains.

Enfin, le maintien du frêle équilibre sahélien est lié à la persistance d'une strate ligneuse qui constitue la clef de voûte de l'édifice et dont l'importance paraît avoir jusqu'ici partiellement échappé aux investigateurs. La disparition progressive des arbustes, si elle se poursuit du fait de la mauvaise gestion des surfaces concernées, aura pour conséquence certaine la désertification, dans le sens donné à ce terme par AUBREVILLE.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM (J.G.), BRIGAUP (F.), CHARREAU (C.), FAUCK (R.), 1965 - Connaissances du Sénégal : climat, sols, végétation (Etudes Sénégalaises 9-3, Centre Doc. et Rech, Sc. St-Louis, p.9 - 214).
- A.S.E.C.N.A., 1963 - Normales climatologiques du Sénégal (Ass. pour la Sécurité Nav. aérienne, Dakar, 91 p.).
- 1975 - Archives météorologiques déposées à Dakar (non publié, années 1940 à 1975).
- AUBERT (G.), 1965 - Classification des sols : tableau des classes, sous-classes groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de pédologie de l'O.R.S.T.O.M. (Cah. ORSTOM, sér. Pédologie 3-3, p. 269-288).
- AUBREVILLE (A.), 1949 - Climats, forêts et désertification de l'Afrique (Soc. Ed. Géogr. Marit, Col., Paris).
- 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne (Soc. Ed. Géogr. Marit. Col., Paris).
- BILLE (J.C.), LEPAGE (M.), MOREL (G.), POUPON (H.), 1972 - Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional (La Terre et la Vie 26, p. 332-365).
- BILLE (J.C.), POUPON (H.), 1974 - Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, II (La Terre et la Vie 28-1, p.5-48).
- BILLE (J.C.), 1971 - Observations préliminaires sur quelques arbres du Sahel sénégalais. ORSTOM-Sahel, Rapport du Centre de Dakar, 49 p.
- BILLE (J.C.), 1972 - Principaux caractères de la végétation herbacée du Sahel sénégalais. ORSTOM-Sahel, Rapport du Centre de Dakar, 51 p.
- BILLE (J.C.), 1972 - Graines et diaspores des plantes herbacées du Sahel sénégalais. ORSTOM-Sahel, Rapport du Centre de Dakar, 51 p.

- BILLE (J.C.), 1973 - Graines et diaspores des plantes herbacées du Sahel. Production et dynamique. ORSTOM-Sahel, Rapport du Centre de Dakar, 54p.
- BILLE (J.C.), 1973 - L'écosystème sahélien de Fété-Olé : essai de bilan au niveau de la production primaire nette annuelle. ORSTOM-Sahel, rapport du Centre de Dakar, 66 p.
- BOCOUM (M.), 1971 - Production et dégradation de la strate herbacée dans le "diéri" sénégalais (Rapp. de stage, I.E.M.V.T. Maisons-Alfort, 44 p. dact.).
- BOUDET (G.), 1966 - Etude agrostologique du ranch de Sipilou (Rép. de Côte d'Ivoire), I.E.M.V.T. Maisons-Alfort, 150 p.
- BOUDET (G.), 1975 - Manuel sur les pâturages Tropicaux et les plantes fourragères (Ministère de la Coopération, série Manuels et précis d'élevage n° 4, 254 p.).
- BOUDET (G.), 1976 - Pastoralisme au Mali (Rapport ronéo. IEMVT, 23 p.).
- BOULET (R.), LEPRUN (J.C.), 1970 - Notes de terrain sur la zone de Fété Olé (ORSTOM Dakar, rapport non publié, 12 p.).
- BOURLIERE (F.), HADLEY (M.), 1970 - The ecology of tropical savannas (Ann. Rev. Ecology and Systematics 1, p. 125-152).
- B.R.G.M., TRICART (J.), 1961 - Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal (Mém. Bureau Rech. Géol. et Min. n° 8, Technip Ed., Paris, 137 p. et 3 cartes).
- BRUNET MORET (Y.), 1963 - Etude des averse exceptionnelles en A.O.F. : Rép. du Sénégal (Cah. ORSTOM, Série Hydrologie, Paris, 24 p.).
- CESAR (J.), 1971 - Etude quantitative de la strate herbacée de la savane de Lamto, Côte d'Ivoire (thèse doct. 3e cycle, Paris, 125 p.).
- CHUDREAU (R.), 1966 - Le climat de l'Afrique Occidentale et Equatoriale Française (Armand Collin, Paris).
- CONSTANTIN (Frère), 1930 - Observations météorologiques moyennes conclues de 23 années d'observations (Bull. Com. Hist. et Scient. A.O.F., Larose, Paris, p. 437-482).
- DEPIERRE (D.), GILLET (H.), 1971 - Désertification de la zone sahélienne au Tchad (Bois et For. Trop. 39, p. 3-25).
- DIALLO (A.K.), VALENZA (J.), 1972 - Etude des pâturages naturels du Nord Sénégal (Et. agrostol., IEMVT Maisons-Alfort, 311 p., 3 cartes).
- EMBERGER (L.), 1942 - Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique (Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 77-2, p.97-124).

- FRANQUIN (P.), 1973 - Analyse agroclimatique en régions tropicales : méthode des intersections et période fréquentielle de végétation (Agron. Trop. 28-6,7 ; p. 665-682).
- LEPAGE (M.), 1972 - Données préliminaires sur l'écologie des termites (La terre et la Vie, 26, p. 383-409).
- LEMEE (G.), 1967 - Précis de biogéographie (Masson, Paris).
- LOMNICKI (A.), BANDOLA (E.), JANKOWSKA (K.), 1968 - Modification of the Wiegert-Evans method for estimation of net primary production (Ecology, 49-1 p. 147-149).
- MAIGNIEN (R.), 1965 - Notice explicative de la carte pédologique du Sénégal au millionième (ORSTOM-Dakar, 63 p., 2 cartes).
- MARTONNE (E. de), 1942 - Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité (Ann. Géogr., 51 (288), p. 242-250).
- MENAUT (J.C.), 1973 - Aperçu quantitatif sur les formations ligneuses des savanes de Lamto (C.R. Coll. P.B.I., Ann. Univ. Abidjan E 6 (2), p. 19-23).
- MICHEL (P.), 1969 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : étude géomorphologique (Thèse Doc., Univ. de Strasbourg, t. 1-3).
- MIEGE (J.), TCHOUME (M.), 1963 - Influence d'arrosages régulièrement répétés sur la germination des graines en saison sèche à Dakar (Ann. Fac. Sc. Dakar 9, p. 81-109).
- MIEGE (J.), BODARD (M.), CARRERE (P.), 1966 - Evolution floristique des végétations de jachères en fonction des méthodes culturales à Darou, Sénégal (Ann. Fac. Sc. Dakar 12, p. 143-170).
- MILNER (C.), ELFYN HUGHES (R.), 1968 - Methods for the measurement of primary production of grasslands (I.P.B. Handbook n° 6, Londres).
- MOREL (G.), MOREL (M.Y.), 1972 - Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional : l'avifaune et son cycle annuel (La Terre et la Vie, 26, p. 410-439).
- NAEGELE (A.) 1969 - Etude des pâturages naturels de la forêt classée des Six Forages, on réserve sylvopastorale du Koya (Rapp. Dir. Elev. et Ind. animales, Dakar, 24 p. dact.).
- PENMAN (H.L.), 1948 - Natural Evaporation from open water, bare soil and grass (Proc. Royal Soc. London, series A, 193).
- PERRAUD (A.), 1971 - La matière organique des sols forestiers de la Côte d'Ivoire (Thèse Fac. Nancy 1, 2 vol.).

- POULET (A.), 1974 - Influence de la sécheresse sur le peuplement mammalien (La Terre et la Vie, 28-1, p. 124-130).
- POUPON (H.), BILLE (J.C.), 1974 - Influence de la sécheresse de l'année 1972-73 sur la strate ligneuse à Fété-Olé (La Terre et la Vie 28-1, p. 49-75).
- RIJKS (D.), 1971, 1972, 1973, 1974 - Données météorologiques recueillies à Richard-Toll, Guédié, Kaédi et Samé (Organisation des Etats Riverains du Sénégal, Saint-Louis, 4 fasc. dact.).
- RIOU (C.), 1972 - Etude de l'évaporation en Afrique Centrale (Tchad, R.C.A., Congo), Thèse Univ., Paris VI, 1 vol.
- ROUSSEAU (R.), 1931 - Les pluies au Sénégal de 1887 à 1927 (Bull. Com. Hist. et Sc. A.O.F., Larose Paris, p. 157-182).
- ROUX (G.), ROUX (M.), 1957 - A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie (Rev. Stat. Appl. 14, p. 59-72).
- TROCHAIN (J.), 1940 - Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal (Mém. I.F.A.N. n° 2, Larose Paris).
- TROCHAIN (J.), 1856 - Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique Tropicale (Bull. I.E.C. 27, p. 114-122).
- UNESCO, 1971 - Productivité des écosystèmes forestiers. Actes du Colloque de Bruxelles (Ecologie et Conservation n° 4, UNESCO Paris).
- U.S.S.R. ACADEMY OF SCIENCES, 1968 - Methods of productivity studies in root systems and rhizosphere organisms (Intern. Symposium USSR, Nauka Leningrad).
- VALENZA (J.), 1970 - Etude dynamique de différents types de pâturages naturels en République du Sénégal (Proceed. 11 th, Int. Cong. Grasslands, Surfers Paradise, Austr., p. 218).
- VALENZA (J.), DIALLO (A.K.), 1972 - Etude des pâturages naturels du Nord-Sénégal (Et. agr. st. p., IEMVT Maisons-Alfort, 311 p., 3 cartes).
- WIEGERT (G.), RICHARD (G.), EVANS (F.C.), 1964 - Primary production and the disappearance of dead vegetation in an old field (Ecology 45, p. 49-57).
- WINSTANLEY (D.), 1973 - Recent rainfall trends in Africa, the Middle-East and India (Nature 243, p. 464-465).

Les Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer tendent à constituer une documentation scientifique de base sur les zones intertropicales et méditerranéennes, les pays qui en font partie et sur les problèmes posés par leur développement.

CAHIERS ORSTOM (séries périodiques)

- **biologie**: études consacrées à diverses branches de la biologie végétale et animale: agronomie, biologie et amélioration des plantes utiles, entomologie agricole, nématologie.
- **entomologie médicale et parasitologie**: systématique et biologie des arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire, parasitologie, épidémiologie des grandes endémies tropicales, méthodes de lutte contre les vecteurs et les nuisances.
- **géologie**: pétrologie et cycles des éléments (géochimie) - hydrogéologie - altération et érosion - sédimentologie - stratigraphie - orogénèse continentale - métallogénèse - paléogéographie - structure et évolution des fonds océaniques.
- **hydrologie**: études, méthodes d'observation et d'exploitation des données concernant les cours d'eau intertropicaux et leurs régimes.
- **océanographie**: hydrologie, physico-chimie, hydrodynamique, écologie, caractérisation des chaînes alimentaires, niveaux de production, dynamique des stocks, prospection faunistique (Sud-ouest Pacifique, Canal de Mozambique et environs, Atlantique Tropical Est).
- **hydrobiologie**: physico-chimie, écologie, caractérisation des chaînes alimentaires, dynamique des stocks, action des insecticides sur la faune (Bassin Tchadien, Côte d'Ivoire).
- **pédologie**: problèmes soulevés par l'étude des sols; morphologie, caractérisation physico-chimique et minéralogique, classification, relations entre sols et géomorphologie, problèmes liés aux sels, à l'eau, à l'érosion, à la fertilité.
- **sciences humaines**: études géographiques, sociologiques, économiques, démographiques et ethnologiques.

MÉMOIRES ORSTOM: consacrés aux études approfondies (synthèses régionales, thèses...) dans les diverses disciplines scientifiques (82 titres parus).

ANNALES HYDROLOGIQUES: depuis 1959, deux séries sont consacrées: l'une, aux Etats africains d'expression française et à Madagascar, l'autre aux Territoires et Départements français d'Outre-Mer.

FAUNE TROPICALE: collection d'ouvrages principalement de systématique, pouvant couvrir tous les domaines géographiques où l'ORSTOM exerce ses activités (19 titres parus).

INITIATIONS/DOCUMENTATIONS TECHNIQUES: mises au point et synthèses au niveau, soit de l'enseignement supérieur, soit d'une vulgarisation scientifiquement sûre (27 titres parus).

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'ORSTOM: cette collection, diverse dans ses aspects et ses possibilités de diffusion, a été conçue pour s'adapter à des textes scientifiques ou techniques très variés quant à leur origine, leur nature, leur portée dans le temps ou l'espace, ou par leur degré de spécialisation (48 titres parus).

Les études en matière de géophysique (gravimétrie, sismologie, magnétisme...) sont publiées, ainsi que certaines données (magnétisme) dans des séries spéciales: **GÉOPHYSIQUE** et **OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES**.

L'HOMME D'OUTRE-MER: cette collection, exclusivement consacrée aux sciences de l'homme, est réservée à des textes d'auteurs n'appartenant pas à l'ORSTOM, mais dont celui-ci assure la valeur scientifique (co-édition Berger-Levrault) (10 ouvrages parus).

De nombreuses **CARTES THÉMATIQUES**, accompagnées de **NOTICES**, sont éditées chaque année, intéressant des domaines scientifiques ou des régions géographiques très variées.

BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE (périodicité mensuelle; ancienne dénomination jusqu'en 1970: Bulletin signalétique d'entomologie médicale et vétérinaire) (XXIII^e année).

O. R. S. T. O. M.

Direction générale :

24, rue Bayard, 75008 PARIS

Services Scientifiques Centraux :

Service Central de Documentation :

70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY

Imp. S.S.C.

Dépôt légal, 1er trim. 1977

ISBN 2-7099-0445-4