

RECHERCHES ECOLOGIQUES
SUR UNE SAVANE SAHELIENNE
DU FERLO SEPTENTRIONAL, SENEGAL :
INFLUENCE DE LA SECHERESSE DE L'ANNEE 1972-1973
SUR LA STRATE LIGNEUSE

par H. POUPON et J.C. BILLE

Station d'Ecologie ORSTOM, B.P. 20, Richard-Toll, Sénégal

Il faut remonter à l'année 1913 pour trouver en zone sahé-
lienne, une sécheresse aussi exceptionnelle que celle qui a sévi
en 1972. Cette année-ci, les pluies furent rares aussi bien en nom-
bre de jours qu'en quantité d'eau tombée.

De telles conditions climatiques n'allèrent pas sans entraîner
au niveau de la végétation d'abord, de la faune et des populations
ensuite de profonds bouleversements. Ainsi, à Fété Olé où se situe
notre zone d'étude, la strate herbacée a été totalement absente :
aucune germination, aucune croissance, un sol désespérément nu.
Par contre, les effets de cette sécheresse sur la strate ligneuse
furent divers et feront l'objet de la présente étude.

Le peulh nomade avec ses troupeaux n'a pas occupé la région
sylvo-pastorale des six forages dans laquelle se trouve notre cam-
pement. Il n'a fait que passer, fuyant vers le Sud à la recherche
de pâturages. Cependant, comme nous le verrons, au cours de sa
rapide transhumance il n'a pas hésité à détruire ou à détériorer
de nombreux arbres, afin de nourrir son bétail affamé, ce qui a
augmenté les effets déjà néfastes de la sécheresse.

Après avoir rappelé les méthodes de travail employées et
donné rapidement les caractéristiques climatiques des années
considérées, nous tenterons de dégager l'influence de cet excep-
tionnel manque d'eau sur la strate ligneuse au niveau de la feuil-
laison d'une part, de la floraison et de la fructification d'autre part.
Nous terminerons en évaluant le taux de mortalité des principales
espèces arbustives présentes sur le quadrat expérimental de 25
hectares, entièrement soustrait à l'action de l'homme et des ani-
maux.

MATERIEL ET METHODES

La zone d'étude de Fété Olé a fait l'objet de diverses publications décrivant soit le milieu naturel et les conditions climatiques (Bille et al., 1972 a et 1972 b), soit la végétation, et plus particulièrement la strate arborée ou arbustive qui nous intéresse ici (Bille, 1971 ; Bille et Poupon, 1972).

Rappelons que la région de Fété Olé se présente comme un système dunaire fortement érodé. Nos études ont été conduites en distinguant cinq formes de relief (Lepage, 1972) : sommet de dune (représentant 17 % du quadrat expérimental soit 4,25 hectares) ; versant de dune : 46 % soit 11,50 ha ; replat : 14 % soit 3,50 ha ; bas de versant : 18 % soit 4,50 ha, et dépression : 5 % soit 1,25 ha.

Dans ce quadrat, nous avons décompté quinze espèces végétales ligneuses mais six d'entre elles constituent 98 % de cette strate (Bille et Poupon, 1972 a) :

- *Acacia senegal* (L.) Willd. représentant 7 % de l'effectif global ;
- *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. : 13 % ;
- *Boscia senegalensis* Lam. : 7 % ;
- *Commiphora africana* Engl. : 8 % ;
- *Grewia bicolor* Juss. : 10 % ;
- *Guiera senegalensis* Lam. : 53 %.

Les 2 % restant comprennent : *Sclerocarya birrea* Hochst., *Ziziphus mauritiana* Lam., *Euphorbia balsamifera* Ait., *Feretia apodonthera* A. Chev., *Grewia tenax* (Forsk) Fiori, *Combretum aculeatum* Vent., *Combretum micranthum* G. Don., *Adenium obaesum* (Forsk) Roem et Schult., *Cadaba farinosa* Forsk.

Dans nos relevés phénologiques, nous considérons également deux arbres qui, absents du quadrat, se trouvent aux proches abords : *Adansonia digitata* L. (le Baobab) et *Sterculia setigera* Del.

Des relevés phénologiques dressés systématiquement tous les quinze jours depuis octobre 1970 ont permis l'établissement d'un calendrier descriptif précis donné en annexe. Dans l'exposé suivant, nous ferons débiter l'année au premier mai. De nombreuses observations prouvent qu'à partir de cette date se développent les premiers stades d'activité végétale : gonflement et éclatement des bourgeons pour de nombreuses espèces.

Nous nous sommes continuellement référés aux travaux de Pinthus (1959) sur la phénologie de plusieurs céréales (blé, orge, et avoine) et de Lord Medway (1972). Le premier définit différentes phases : feuillaison, floraison, maturation des fruits, chan-

gement de couleur et chute des feuilles. Pour chacune de ces phases, il précise trois instants : début, plénitude et fin.

Nous avons rencontré quelques difficultés pour déterminer certaines d'entre elles :

1° Feuillaison : le début de la foliation est aisé à noter : c'est le moment où la feuille sort du bourgeon, avant même d'être totalement déployée. Nous appellerons début de feuillaison, le moment où 50 % des individus d'une même espèce arrivent à ce stade.

La chute, par contre, apparaît dans certains cas très étalée : *Grewia bicolor*, *Feretia apodonthera* et *Combretum micranthum* gardent des feuilles sèches pendant plusieurs semaines.

2° Floraison : un problème existe pour les arbres dioïques tel *Sclerocarya birrea* où nous devons suivre la phénologie des fleurs mâles et femelles.

3° Fructification : chez les espèces à fruits secs (*Acacia senegal*), la maturité des fruits ne correspond pas à la maturité des graines, d'où la nécessité de multiplier les observations. De plus, une partie des gousses s'ouvrent spontanément, le fruit étant encore en place ; pour d'autres la dissémination des graines n'a lieu que pour des gousses tombées sur le sol.

Dans le cas des fruits charnus (*Sclerocarya birrea*, *Balanites aegyptiaca* ou *Boscia senegalensis*), d'autres problèmes compliquent les relevés :

— la maturité des fruits reste subjective : nous ne l'apprécions qu'à partir de leur couleur ou de leur mollesse ;

— la chute des fruits est souvent accidentelle (vent) ou provoquée par les oiseaux ;

— la destruction des enveloppes et la dissémination des graines restent imprécises, car elles ont lieu quand les fruits jonchent le sol.

L'étude de la phase feuillée (croissance, taille et production) fut réalisée sur un échantillon de dix arbres dans chaque espèce. Les poids de matière sèche du matériel végétal recueilli sont établis par pesée après un passage à l'étuve portée à 75 °C pendant 24 heures. Les surfaces foliaires dessinées sur un papier d'épaisseur très homogène sont également déterminées par pesée.

Les comptages de mortalité nécessitent l'emploi de marques de peinture afin de repérer d'un relevé à l'autre les arbres déjà comptés.

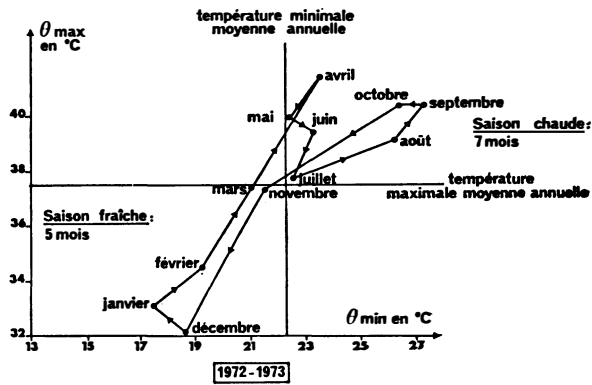
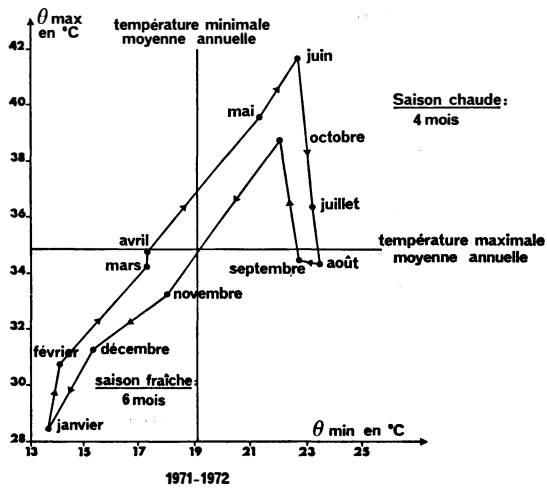


Figure 1. — Climogrammes de Fété Olé
 a) en 1971-72
 b) en 1972-73.

LE CLIMAT DE FETE OLE

L'analyse du climat à partir des températures mensuelles nous permet de mettre en évidence le caractère d'exception de l'année 1972-1973. Pour cela, nous représentons sur un diagramme les températures moyennes mensuelles minimales et maximales et nous relierons les points des mois consécutifs. Sur les climogrammes ainsi obtenus, nous regroupons les mois d'après des critères simples : nous considérons les moyennes annuelles des températures maximum et minimum et nous définissons (Riou, 1972) trois saisons :

— saison fraîche comprenant les mois où les températures maximales et minimales sont toutes deux inférieures aux moyennes annuelles ;

— saison chaude quant au contraire ces températures sont supérieures aux valeurs annuelles ;

— saison des pluies pendant laquelle la température minimum est supérieure à la moyenne annuelle correspondante et la température maximum inférieure.

En comparant les climogrammes de 1971-1972 et 1972-1973, nous constatons (fig. 1) les faits suivants :

— en 1971-1972, nous retrouvons les trois saisons précédemment décrites, avec une saison fraîche de six mois, une saison chaude de quatre et une courte saison pluvieuse de deux mois ;

— en 1972-1973, le climogramme apparaît fort différent puisqu'il ne comporte plus que deux saisons : une fraîche s'étalant sur cinq mois et une chaude beaucoup plus longue que l'année précédente, et durant sept mois.

En ce qui concerne la pluviométrie, rappelons tout d'abord qu'il n'existe à Fété Olé qu'une seule période de pluies appelée « hivernage ». Les précipitations de janvier ou février y sont pratiquement inconnues.

La hauteur des pluies au cours des deux années considérées est donnée par le tableau I. Plusieurs remarques s'imposent :

— la hauteur des précipitations en 1972-73 fut faible : six fois moins d'eau que l'année précédente déjà déficitaire. A Fété Olé, la moyenne annuelle se situe aux environs de 350 mm ;

— cette même année, les premières pluies apparurent précoces : le 4 juin. Comme nous le verrons par la suite, elles provoquèrent un démarrage de la végétation ligneuse de très courte durée, car à ces premières pluies succédèrent deux longs mois sans une goutte d'eau.

TABLEAU I

Hauteurs comparées des précipitations (en mm et en % du total annuel) en 1971 et 1972.

Mois	1971		1972	
	mm	%	mm	%
Juin	—	—	4,5	13,5
Juillet	20,5	10,1	—	—
Août	104,9	51,9	13,1	39,3
Septembre	76,8	38,0	2,7	8,3
Octobre	—	—	13,0	39,0
Total	202,2		33,3	

Après août et septembre qui ne furent guère pluvieux, un orage le 20 octobre 1972 influa grandement sur le développement des arbres ou arbustes. Alors que de nombreuses espèces atteignaient le point de fanaison ou perdaient déjà leurs feuilles (*Commiphora africana*), cette pluie provoqua soit le départ de la végétation (*Grewia tenax* ou *Feretia apodonthera*), soit la formation de nouvelles pousses avec reprise de la croissance des rameaux et apparition de nouvelles feuilles chez toutes les autres espèces à l'exception d'*Adansonia digitata*.

Par rapport à l'année 1971-72, 1972-73 se caractérise donc par :

- des températures moyennes mensuelles minimum et maximum plus élevées ;
- une hauteur de précipitations extrêmement faible et une absence remarquable de réelle saison des pluies ;
- la présence de pluies précoce et tardive dont les effets sur la végétation sont loin d'être négligeables.

INFLUENCE SUR LA FEUILLAISSON

1° ACTION SUR LA PHÉNOLOGIE :

Le phénogramme de la phase feuillée des dix-sept espèces ligneuses mentionnées précédemment, établi d'après Harper (1906) cité par Lieth (1971) montre (fig. 2) que :

- le départ de la végétation fut tardif en 1972. Il fallut attendre le mois de septembre pour que les feuilles apparaissent et se

développent. Nous avons déjà mentionné un démarrage de la végétation consécutif aux pluies de début juin, mais la sécheresse qui suivit empêcha un développement normal. L'année précédente, un certain nombre d'arbres parmi lesquels *Adansonia digitata*, *Adenium obaesum*, *Euphorbia balsamifera*, *Sclerocarya birrea* et *Sterculia setigera* portaient des feuilles deux mois avant le début de la saison des pluies. Un phénomène identique avait déjà été observé en 1970. Or, en mai 1972, un certain nombre de bourgeons de ces mêmes espèces se mirent à débousser, mais les premières feuilles se desséchèrent dès leur formation ;

- en 1972, le maximum de feuillaison subit un décalage dans le temps. Il fallut attendre le mois de novembre pour que tous les arbres soient en phase végétative ;
- cette même année la durée de la feuillaison fut écourtée pour plusieurs espèces : le phénogramme est donc moins étalé. Les aires des phénogrammes de 1971-72 et 1972-73 sont dans le rapport de 4 à 3.

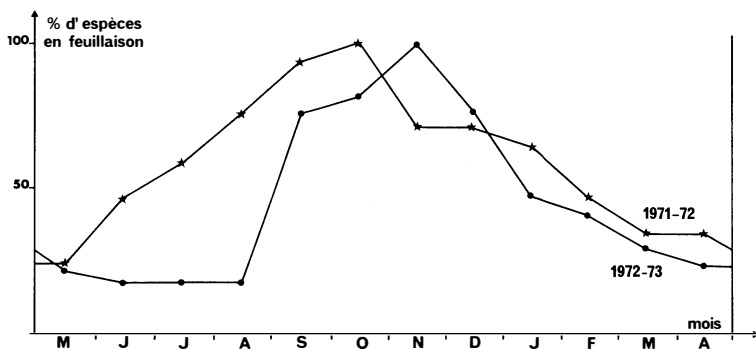


Figure 2. — Phénogramme de feuillaison des 17 espèces ligneuses, à Fété Olé en 1971-1972 et 1972-1973.

L'influence de l'extrême sécheresse se manifesta de diverses façons sur la phénophase feuillée : retard dans le départ de la végétation, arrêt plus précoce de celle-ci, et longueur de la période de vie active réduite.

a) *Action sur le départ de la végétation.* — Pour dix espèces ligneuses, le départ en 1972 fut plus tardif qu'en 1971. Ce sont, outre celles mentionnées ci-dessus dont la feuillaison commence habituellement avant la saison des pluies, de petits arbustes tels : *Boscia senegalensis*, *Grewia tenax*, *Guiera senegalensis* et *Feretia apodonthera* et un arbre : *Balanites aegyptiaca*.

b) *Action sur la date de la chute de feuilles.* — Sept arbres présentèrent une chute de feuilles précoce : *Adansonia digitata*, *Grewia bicolor* et *Grewia tenax*, *Feretia apodonthera*, *Sclerocarya birrea* et *Cadaba farinosa*.

Commiphora africana perdit ses feuilles très rapidement au mois de septembre, cependant la feuillaison reprit après la pluie du 20 octobre.

c) *Action sur la durée de la période de feuillaison.* — Pour certains arbres (*Combretum micranthum* et *Feretia apodonthera* et dans une moindre mesure *Grewia bicolor*) les feuilles restèrent plusieurs semaines desséchées en place avant de tomber pour former la litière. Dans ce cas, nous avons choisi, comme fin de végétation, l'époque où les feuilles semblent sèches.

Grewia tenax présenta la période de feuillaison la plus réduite : elle fut quatre fois moins longue en 1972-73 qu'en 1971-72 (respectivement 42 et 166 jours). Pour cinq autres espèces la durée de la feuillaison fut deux fois moins longue : *Feretia apodonthera*, *Euphorbia balsamifera*, *Adansonia digitata*, *Sclerocarya birrea* et *Adenium obaesum*. Pour un certain nombre d'autres elle fut légèrement inférieure : *Sterculia setigera*, *Grewia bicolor* et *Guiera senegalensis*. Pour ce dernier, notons cependant que la feuillaison ne concerna que 31 % des arbres vivants. Beaucoup ne formèrent aucune feuille, mais démarrèrent très normalement en 1973.

Par contre, quatre espèces ligneuses réagirent différemment et ne subirent aucune réduction de la phénophase feuillée : *Acacia senegal* (152 jours en moyenne en 1971-72 et 140 en moyenne en 1972-73), *Combretum aculeatum* (respectivement 100 et 114 jours), *Combretum micranthum* (237 et 216 jours), *Ziziphus mauritania* (208 et 202 jours).

Dans le cas de *Cadaba farinosa*, *Boscia senegalensis* et *Balanites aegyptiaca* l'influence de la sécheresse fut difficile à déceler car ces arbres portaient encore des feuilles de l'année précédente quand apparût la nouvelle feuillaison qui s'étala sur de nombreuses semaines contrairement aux autres espèces qui forment leurs feuilles rapidement. De même, la défoliation fut difficile à noter précisément, surtout chez *Balanites aegyptiaca* où la chute fut très progressive.

2° ACTION SUR LA TAILLE DES FEUILLES ET LA PRODUCTIVITÉ :

L'influence de la sécheresse se marqua différemment en fonction des espèces sur la phénophase feuillée, mais elle se manifesta également sur la taille des feuilles et la production annuelle des arbres.

a) *Taille des feuilles (exemple d'Acacia senegal).* — En 1971-72 comme en 1972-73, sur dix acacias dûment repérés nous avons

cueilli 250 feuilles par arbre dont nous avons mesuré diverses caractéristiques morphologiques. Les tableaux II et III regroupent pour les principales grandeurs mesurées les résultats obtenus à Fété Olé.

TABLEAU II

Comparaison de la taille des feuilles d'Acacia senegal à Fété Olé en 1971-72 et 1972-73 (moyenne M et écart type σ).

	1971-1972		1972-1973		M_2/M_1
	M_1	σ_1	M_2	σ_2	
Longueur du pétiole (en mm)	9,0	3,5	7,0	2,4	0,8
Longueur du rachis (en mm)	25,3	6,2	17,7	4,3	0,7
Longueur de la feuille (en mm)	34,3	6,9	24,7	4,8	0,7
Nombre de paires de pinnules	5,0	1,1	2,5	0,5	0,5

Les feuilles furent donc moins longues en 1972-1973 et portèrent deux fois moins de paires de pinnules.

TABLEAU III

Comparaison du nombre de foliolules en fonction du nombre de pinnules portés par les feuilles en 1971-72 et 1972-73.

Nombre de paires de pinnules	1971-72 M 1	1972-73 M 2	M_2/M_1
2	87,6	79,0	0,9
3	139,2	112,6	0,8
4	193,2	125,0	0,6
5	248,4	143,0	0,6
6	303,6	—	—

Le nombre de foliolules constituant les feuilles fut plus important en 1971-72. Plus l'effet de la sécheresse se fait sentir, plus le

nombre de paires de pinnules augmente. Proportionnellement, plus les feuilles sont grandes, plus le nombre de foliolules diminue : c'est ce que montre l'évolution du rapport M_2/M_1 .

b) *Influence sur le poids de matière sèche.* — Nous avons mesuré, pour sept espèces différentes poussant sur le sommet ou le versant d'une dune, le poids de matière sèche de 2 500 feuilles au cours des deux années successives. Ce poids de matière sèche fut évalué alors que toute croissance était arrêtée. Le tableau IV regroupe les résultats obtenus.

TABLEAU IV

Comparaison des poids de matière sèche de 100 feuilles (en grammes) en 1971-72 et 1972-73 pour sept espèces ligneuses de Fété Olé (moyenne, écart type et coefficient de dispersion σ/m).

Espèces	1971-1972			1972-1973			$\frac{M\ 2}{M\ 1}$
	M 1	σ_1	$\sigma_1/M\ 1$	M 2	σ_2	$\sigma_2/M\ 2$	
<i>Acacia senegal</i> .	6,00	0,96	0,16	4,16	0,96	0,23	0,7
<i>Balanites aegyptiaca</i> ..	9,16	1,37	0,15	5,62	2,19	0,39	0,6
<i>Boscia senegalensis</i> .	24,80	5,46	0,22	19,18	7,67	0,40	0,8
<i>Commiphora africana</i>	2,00	0,36	0,18	1,06	0,22	0,21	0,5
<i>Grewia bicolor</i> .	5,75	1,15	0,20	1,57	0,49	0,31	0,3
<i>Guiera senegalensis</i> .	8,51	2,13	0,25	5,13	2,15	0,42	0,6
<i>Ziziphus mauritiana</i> ..	4,42	0,66	0,15	2,85	0,74	0,26	0,6

Pour tous les arbres étudiés le poids de matière sèche de 100 feuilles diminua au cours de la seconde année. Les réductions les plus marquées concernèrent *Grewia bicolor* (dont 100 feuilles pèsent 3,66 fois moins en année sèche) et *Commiphora africana*. Le poids de matière sèche varia peu chez *Boscia senegalensis*. Pour les quatre autres espèces, les poids furent dans le rapport de 3 à 2.

Dans tous les cas, l'indice de dispersion (σ/M) fut supérieur en 1972-73 : la sécheresse augmente par conséquent l'hétérogénéité au niveau de la feuillaison.

Pour quatre des espèces précédentes, nous avons effectué les mêmes mesures mais pour des arbres installés en bordure de dépression (tableau V).

TABLEAU V

Comparaison des poids de matière sèche de 100 feuilles
(en grammes) en 1971-72 et 1972-73
pour 4 espèces poussant en bordure de dépression à Fété Olé.

Espèces	1971-1972			1972-1973			M 2 M 1
	M 1	σ_1	$\sigma_1/M 1$	M 2	σ_2	$\sigma_2/M 2$	
<i>Boscia senegalensis</i> .	33,49	9,04	0,27	23,18	5,56	0,24	0,7
<i>Grewia bicolor</i> .	10,12	2,02	0,20	2,24	0,60	0,27	0,2
<i>Guiera senegalensis</i> .	6,10	1,16	0,19	3,01	0,93	0,31	0,5
<i>Ziziphus mauritiana</i> ..	5,90	1,06	0,18	2,97	0,62	0,21	0,5

Pour ceux-ci, la réduction du poids de matière sèche s'avéra supérieure à celle constatée chez ceux poussant sur les dunes. Soulignons qu'en 1971-72, les dépressions avaient été remplies d'eau plusieurs mois (d'août à novembre), alors que l'eau ne s'est jamais accumulée l'année suivante : aucune mare temporaire ne se forma sur le quadrat.

c) *Influence sur la productivité annuelle.* — Sur un certain nombre d'espèce d'arbres appartenant à six espèces ligneuses les plus fréquentes, nous avons ramassé toutes les feuilles afin d'estimer la production annuelle. Le fait de dépouiller un arbre dans sa totalité nuisant à sa croissance l'année suivante, nos prélèvements au cours de deux années successives utilisèrent des arbres différents. Le tableau VI indique les résultats obtenus.

TABLEAU VI

Comparaison des productions foliaires (en kg/ha) pour 6 ligneux de Fété Olé en 1971-72 et 1972-73.

Espèce	1971-72 A	1972-73 B	A/B
<i>Acacia senegal</i>	12,51	6,20	2,02
<i>Balanites aegyptiaca</i>	13,89	6,28	2,21
<i>Boscia senegalensis</i>	5,08	3,32	1,53
<i>Commiphora africana</i> ..	6,63	3,23	2,05
<i>Grewia bicolor</i>	27,52	6,64	4,14
<i>Guiera senegalensis</i>	16,43	8,26	1,99

La production foliaire fut donc faible la seconde année. Le rapport A/B au niveau d'une espèce fut supérieur à celui des poids de matière sèche de 100 feuilles. Il faut donc penser qu'il y eut également réduction du nombre de feuilles portées par chaque arbre.

3° ACTION SUR LE L.A.I. (*Exemple de Boscia senegalensis*). — Le L.A.I. (Leaf Area Index) se calcule en rapportant la surface foliaire totale de la couronne à la surface de la projection de celle-ci sur le sol.

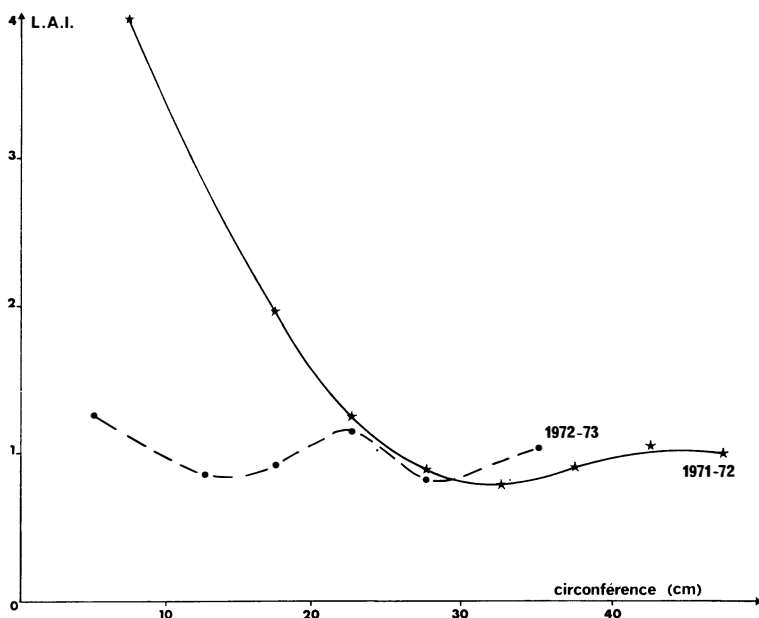


Figure 3. — Evolution du L.A.I. de *Boscia senegalensis* en fonction de la circonférence du tronc en 1971-72 et 1972-73 à Fété Olé.

La figure 3 indique au cours des deux années considérées l'évolution du L.A.I. en fonction du diamètre à la base des arbustes. Deux cas se présentèrent :

— quand la circonférence du tronc est inférieure à 25 centimètres, nous constatons une importante réduction de la surface foliaire (dans le rapport de 4 à 1) ;

— pour les plus grands arbustes, aucune différence notable ne se remarque. La réduction du feuillage n'affecte que les arbres les plus jeunes. Les autres développent une surface foliaire apparemment indépendante des mauvaises conditions climatiques de l'année.

La sécheresse modifie donc considérablement l'appareil foliaire de la strate ligneuse. Non seulement les périodes d'activité de la végétation sont écourtées, mais les feuilles formées sont moins nombreuses, moins grandes et moins lourdes.

INFLUENCE SUR LA FLORAISON

Comme pour la feuillaison, nous pouvons établir un phénogramme de floraison pour les dix-sept espèces ligneuses (fig. 4).

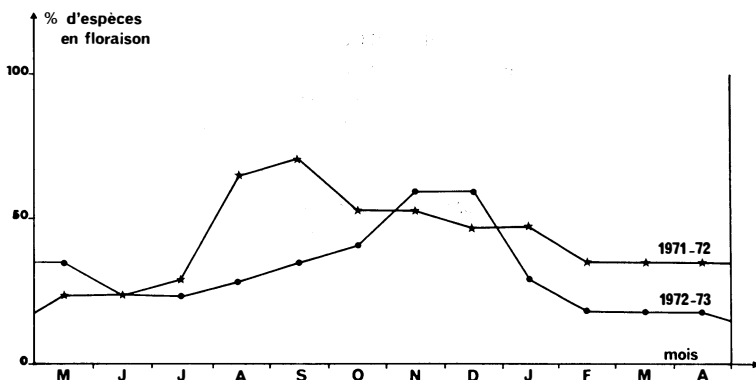


Figure 4. — Phénogramme de floraison des 17 espèces ligneuses à Fété Olé en 1971-72 et 1972-73.

Quel que soit le mois de l'année, il existe toujours des espèces en fleurs. Effectivement *Balanites aegyptiaca* ou *Cadaba farinosa* présentent une floraison fort diffuse et, à chaque relevé, nous notons soit des boutons floraux, soit des fleurs épanouies. Pour la première espèce, cependant, nous constatons un maximum de floraison au mois de mai : ceci est en désaccord avec l'indication d'Aubreville (1950) précisant que *Balanites aegyptiaca* commence à fleurir en novembre et finit de le faire en mars. A Fété Olé, au mois de mai, cette floraison est tellement abondante que le sol est couvert de fleurs qui constituent un aliment de choix pour le bétail qui semble en être très friand.

Le pourcentage maximum d'espèces fleurissant fut inférieur en 1972-73. Certaines espèces ne présentèrent pas cette phase : *Adansonia digitata*, *Commiphora africana*, *Ziziphus mauritiana*. D'autres eurent une période de floraison extrêmement courte : *Feretia apononthera* (13 jours en 1972-73 au lieu de 46 jours en 1971-72), *Euphorbia balsamifera* (respectivement 14 et 122 jours) ou très réduite *Combretum aculeatum* (114 jours au lieu de 274).

La réduction de la durée de la période de floraison explique l'évolution différente des deux phénogrammes. En avril 1972, par exemple, fleurissent encore : *Balanites aegyptiaca*, *Cadaba farinosa*, *Euphorbia balsamifera*, *Combretum aculeatum*, *Sclerocarya birrea* et *Sterculia setigera*. L'année suivante, à la même époque, nous trouvons en fleurs uniquement *Balanites aegyptiaca*, *Cadaba farinosa*, et *Euphorbia balsamifera*.

Le pourcentage maximum d'espèces en floraison se situa en septembre 1971 et en novembre-décembre 1972. Ce décalage dénote une floraison très retardée en période de grande sécheresse et l'apparition des fleurs est certainement liée à la pluie tardive. Ce phénomène fut particulièrement accentué chez *Grewia bicolor* (maximum de floraison en août 1971 et seulement en décembre 1972), *Grewia tenax* (respectivement août et novembre), *Guiera senegalensis* (septembre puis novembre) et *Sterculia setigera* (mai puis juillet).

Les surfaces des phénogrammes ainsi établis sont dans le rapport de 4 à 3 entre 1971-72 et 1972-73. Ce chiffre apparaît identique à celui mentionné au moment de la phénophase feuillée.

L'étude du calendrier phénologique met en évidence d'autres phénomènes :

— *Acacia senegal* présenta en 1971-72 une double période de floraison : en septembre d'abord puis en janvier ensuite. L'année suivante nous avons constaté plusieurs floraisons successives mais toutes avortèrent sans donner de fruits : les inflorescences se desséchèrent très rapidement. Dans ces conditions, la floraison de cet *Acacia* s'étala sur une plus longue période pendant la seconde année, contrairement à ce qui se passa pour la majorité des espèces ;

— la floraison loin d'être générale ne concerna que quelques individus d'une même espèce.

Ainsi un individu sur deux fleurit chez *Adenium obaesum*, un sur cinq pour *Combretum micranthum* ou *Sclerocarya birrea*, un sur vingt environ chez *Guiera senegalensis*. Pour certaines autres espèces, elle fut beaucoup moins abondante pour chaque individu en année sèche : *Acacia senegal*, *Combretum aculeatum*, *Cadaba farinosa* ou *Grewia bicolor*. Aucun comptage précis ne put être malheureusement entrepris pour quantifier cette observation ;

— *Sterculia setigera* ne présenta aucune différence d'une année à l'autre ni dans la date d'apparition des premiers boutons floraux, ni dans la durée de la période de floraison. Seule la pleine floraison fut retardée au cours de la seconde année.

La sécheresse de 1972-73 dans le Sahel sénégalais a donc eu de nombreuses répercussions au niveau de la floraison. Si nous excep-

tons *Sterculia setigera*, qui ne manifesta guère de différences de comportement, les autres ligneux d'une façon générale présentent soit un retard dans l'apparition de cette phénophasse, soit un écourtement de la durée de la période de floraison, soit une réduction de l'intensité du phénomène, voire une absence totale de floraison.

INFLUENCE SUR LA FRUCTIFICATION

Les effets de la sécheresse sur la fructification furent de plusieurs ordres :

1° ABSENCE TOTALE DE FRUCTIFICATION. — Ce fut le cas des espèces qui ne fleurirent pas et de celles qui fleurirent mais ne fructifièrent pas : *Acacia senegal*, *Combretum aculeatum* (exception faite de quelques rares arbustes installés au centre des dépressions), *Combretum micranthum*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis* et *Feretia apodonthera*. Chez *Euphorbia balsamifera* et *Grewia tenax* quelques fruits furent formés mais ils tombèrent rapidement.

2° RETARD DANS LA DATE D'APPARITION DES FRUITS. — Ce fut le cas d'*Adenium obaesum* qui porta des fruits de septembre à avril en 1971-72 et de mars à mai 1972-73.

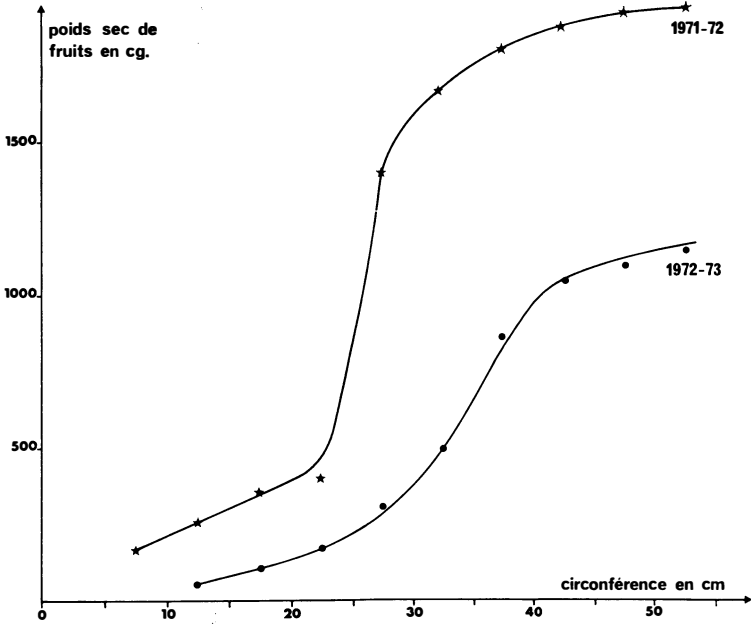


Figure 5. — Production de fruits de *Boscia senegalensis* en fonction de la circonférence du tronc à Fété Olé en 1971-72 et 1972-73.

3° DIMINUTION DE LA PRODUCTION ANNUELLE. — Nous avons pris comme exemple (fig. 5) *Boscia senegalensis*, mais *Balanites aegyptiaca* et *Cadaba farinosa* réagirent d'une manière identique. L'évolution de la production annuelle en fonction de la circonférence à la base des troncs montra que plus les arbres étaient jeunes, plus la réduction fut grande. Des comptages effectués en juin 1973 prouvèrent qu'un arbre sur six (soit 16,7 %) seulement fructifia.

Le tableau VII donnant les productions comparées au cours des deux années permet de calculer une productivité annuelle. Les chiffres précisant la répartition des arbres par hectare sont tirés de Bille (1971).

TABLEAU VII

Productions comparées de fruits en 1971-72 et 1972-73
(*Boscia senegalensis*, Fété Olé).

Circonférence à la base (en cm)	Nombre d'arbres/ha	Production en g/ha	
		1971-72	1972-73
0-15	3,9	212,6	36,7
15-20	3,3	355,8	59,8
20-25	1,0	394,7	28,3
25	0,7	2 140,2	96,1

La production annuelle par hectare s'éleva donc à :

— 3,90 kilogrammes en 1971-72 ;

— 0,22 kilogramme en 1972-73.

Sur le quadrat expérimental, en période de sécheresse sévère, la production ne fut plus que le dix-huitième de celle mesurée en 1971-72.

4° ACTION SUR LA CROISSANCE DES FRUITS. — Nous avons plus particulièrement suivi cette croissance chez *Boscia senegalensis* dont les fruits sont consommés soit par les oiseaux, soit par le bétail et les peulhs. Si la nouaison eut lieu environ à la même époque les deux années en question (première décade de novembre), l'évolution de la croissance différa considérablement (fig. 6) :

— en année très sèche, la croissance débuta plus rapidement. En 1971-72, la vitesse maximum de croissance atteignit 6,5 milligrammes par jour entre le 12 avril et le 17 mai. L'année suivante

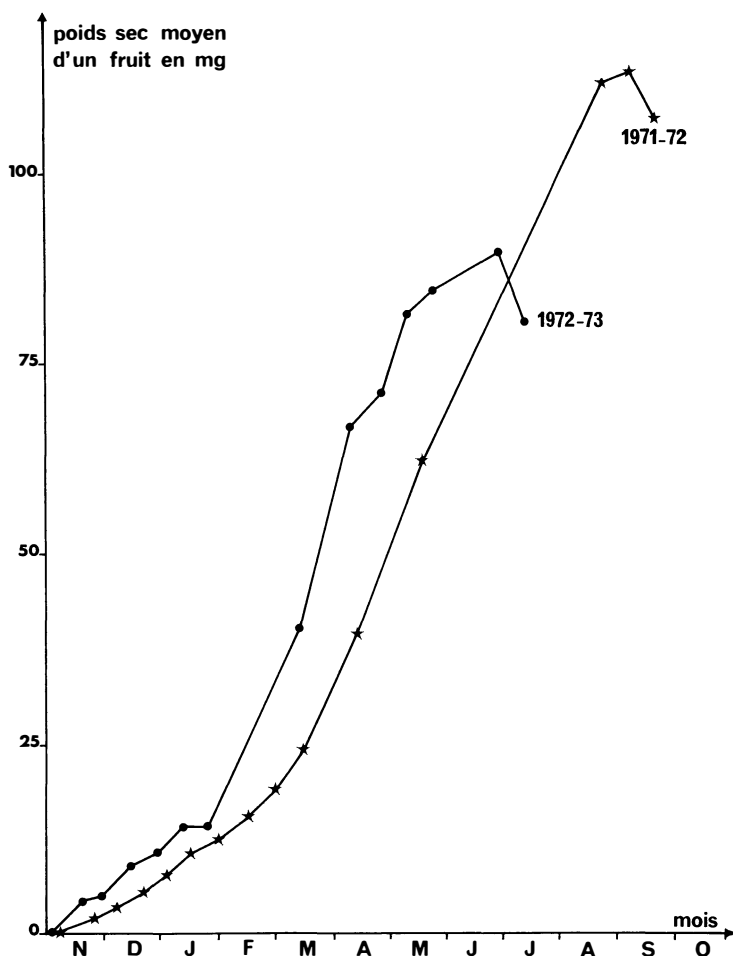


Figure 6. — Croissance des fruits de *Boscia senegalensis* au cours de deux années successives à Fétéé Olé.

les fruits augmentèrent de 9,8 mg/jour entre le 13 mars et le 9 avril ;

— en 1971-72, la période de croissance s'étala sur 307 jours au lieu de 236 jours l'année suivante ;

— le poids de matière sèche moyen d'un fruit fut plus élevé la première année (1 136 mg) que la seconde (901 mg) ;

— dans les deux cas, les fruits arrivés à maturité furent la proie des parasites ou des oiseaux, ce qui explique l'absence de palier de croissance et la brusque chute de poids constatée sur la figure.

L'action de la sécheresse se fit donc durement ressentir au niveau de la fructification puisqu'en 1972-73 la majorité des ligneux ne porta aucun fruit. Les quelques espèces faisant exception à cette loi virent leur production à l'hectare fortement réduite par suite d'une diminution des arbres aptes à fructifier. Il est notable que l'influence de la sécheresse ne semble pas agir directement sur la vitesse de croissance, mais plutôt sur la durée de la période de croissance et sur le nombre de fruits portés par un arbre.

INFLUENCE SUR LA MORTALITE

De nombreux arbres ou arbustes moururent au cours de l'année 1972-73 sur le quadrat expérimental. Nous avons étudié ce phénomène chez les six espèces dominantes, qui réagirent d'ailleurs différemment.

1° ACACIA SENEGAL. — Sur l'ensemble des 25 hectares, 53,2 % des arbres sont morts. La répartition en fonction des milieux s'établit comme suit :

- sommet de dune : 57,8 % ;
- versant de dune : 53,9 % ;
- replat : 44,4 % ;
- bas de versant : 52,2 % ;
- dépression : 58,6 %.

Dans les dépressions et sur les sommets de dunes la mortalité toucha un fort pourcentage d'individus. Par contre, les arbres

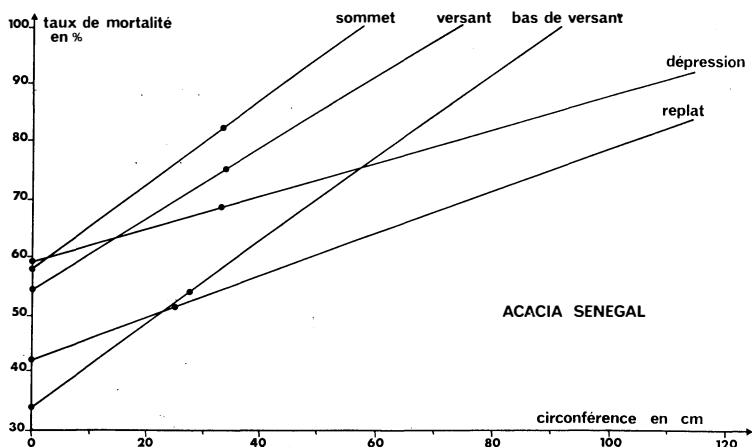


Figure 7. — Evolution du taux de mortalité d'*Acacia senegal* en fonction de la circonférence du tronc à Fété Olé en 1972-73.

résistèrent mieux sur les replats. Proportionnellement, ce furent les plus grands arbres qui furent les plus touchés : l'établissement des droites de régression entre l'évolution de la mortalité et la circonférence des fûts le prouve (fig. 7).

2° *BALANITES AEGYPTIACA*. — Cette espèce résista mieux que la précédente, puisque 5,5 % des arbres seulement moururent. Proportionnellement, ce furent les plus vieux individus qui se desséchèrent (16 % des arbres dont la circonférence mesurait plus de 60 centimètres) ou les plus jeunes (6,7 % ne dépassent pas 20 centimètres de circonférence à la base).

Les gros arbres moururent très rapidement alors que les plus petits résistèrent plus longtemps (fig. 8) : à partir du 10 mai, la mortalité n'affecta plus que les jeunes.

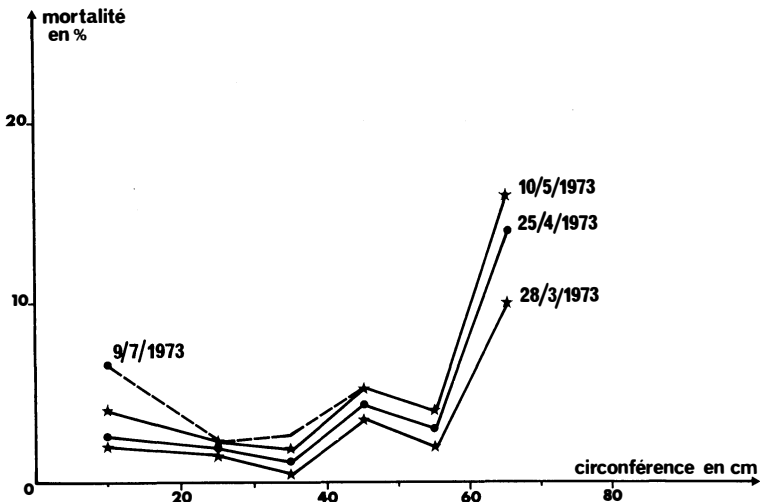


Figure 8. — Evolution de la mortalité de *Balanites aegyptiaca* à Fété Olé en 1972-73.

3° *BOSCIA SENEGALENSIS* ET *GREWIA BICOLOR*. — Ces deux espèces sont réunies car ce sont les plus robustes et les mieux adaptées apparemment à des conditions climatiques défavorables. Nous n'avons constaté que 0,2 % de mortalité chez le premier (5 individus seulement sur les 25 hectares), et à peine 1 % chez le second.

4° *COMMIPHORA AFRICANA*. — Les individus de cette espèce réagirent très diversement selon le milieu sur lequel ils étaient installés. Globalement le taux de mortalité s'éleva à 7,9 %. Le tableau VIII indique que la sécheresse affecta essentiellement les arbres poussant sur les sommets ou les versants de dunes, alors qu'elle épargna ceux vivant aux bords des dépressions.

TABLEAU VIII

Taux de mortalité de *Commiphora africana* en fonction du milieu (Fété Olé, 1972-73).

Milieu	Nombre d'arbres par hectare	Nombre d'arbres morts par hectare	Taux de mortalité
Sommet	22,35	6,35	28,4 %
Versant	12,35	2,78	22,5 %
Replat	41,15	2,86	6,9 %
Bas de versant	38,23	0,67	1,7 %
Dépression	56,80	0,80	1,4 %

La mortalité diminua rapidement du sommet de dune au centre de dépression. Il existe une excellente corrélation ($r = 0,88$) entre le taux de mortalité et la circonférence mesurée à la base des troncs : les arbres les plus vieux furent les plus sensibles. Nous avons noté à peine 1 % de mortalité chez les jeunes arbres, mais plus de 50 % chez les plus âgés (fig. 9).

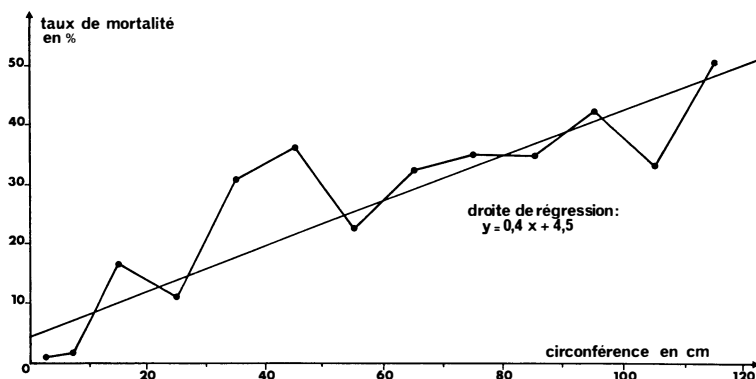


Figure 9. — Evolution du taux de mortalité de *Commiphora africana* en fonction de la circonférence du tronc à Fété Olé en 1972-73.

5° GUIERA SENEGALENSIS. — *Guiera senegalensis* fut l'espèce qui souffrit le plus durement du manque d'eau. Nous avons compté 63 % d'arbustes morts sur les sommets de dune et 40 % dans les dépressions. Dans le premier cas la mortalité affecta particulièrement les petits arbres, contrairement à ce qui se passa dans les dépressions où les plus vieux résistèrent moins bien (fig. 10).

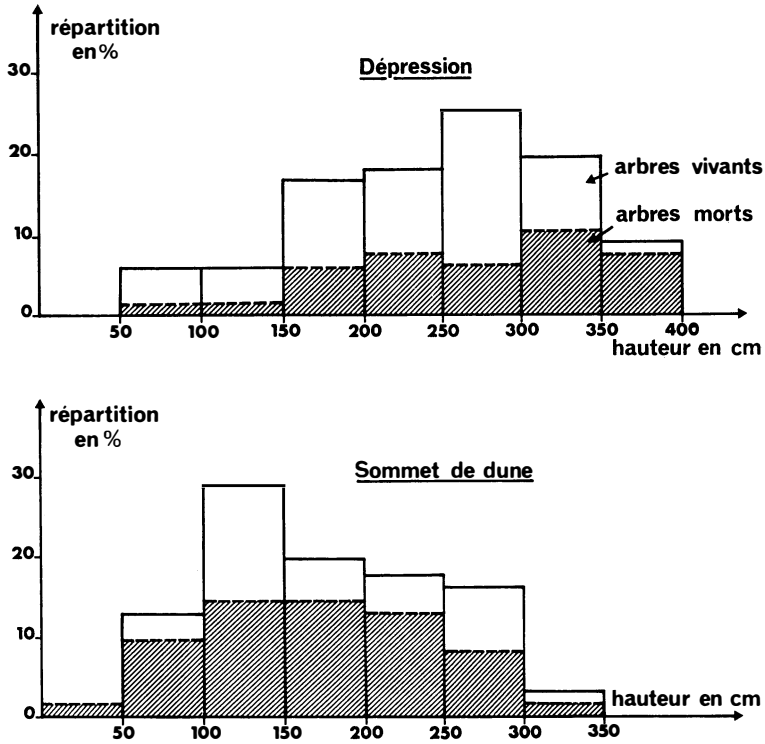


Figure 10. — Taux de mortalité de *Guiera senegalensis* dans deux milieux édaphiques à Fété Olé en 1972-73.

Sur le quadrat expérimental, ce fut donc *Guiera senegalensis* qui fut le plus affecté par le manque d'eau, suivi d'*Acacia senegal* puis de *Commiphora africana*. *Balanites aegyptiaca* souffrit peu mais il résista moins bien que *Boscia senegalensis* ou *Grewia bicolor*.

Notre quadrat est entièrement et assez efficacement protégé contre toutes intrusions humaines ou animales. Mais aux abords immédiats de cette zone d'étude, les peulhs nomades et éleveurs causèrent de nombreux dégâts sur leur passage. Afin de nourrir leurs moutons et leurs chèvres, ils n'hésitèrent pas à couper à hauteur d'homme certains arbres, essentiellement *Balanites aegyptiaca*. Les animaux ne consommèrent qu'une infime partie de cette masse végétale jonchant le sol. Il se produisit ainsi un énorme gaspillage et, d'autre part, une augmentation de la mortalité, car les arbres ainsi massacrés ne purent retrouver une activité normale par la suite, même en saison des pluies. Quelques-uns bourgeonnèrent mais la plupart moururent.

CONCLUSIONS

L'extrême sécheresse de 1972-73 a eu de nombreux effets sur la végétation ligneuse. Or dans toute notre étude nous nous référons à l'année précédente déjà nettement déficitaire sur le plan des précipitations. Une comparaison avec une année « normale » arrosée aurait certainement permis de mettre en évidence des phénomènes encore beaucoup plus accusés.

La conséquence la plus spectaculaire concerne le taux de mortalité de trois espèces (*Acacia senegal*, *Commiphora africana* et surtout *Guiera senegalensis*) dont les individus les plus âgés se montrèrent les plus résistants, exception faite des *Guiera senegalensis* poussant sur les dunes et parmi lesquels les jeunes arbustes furent les plus décimés.

Un autre caractère marquant de cette année sèche reste l'absence totale de fructification pour la majorité des ligneux. Chez quelques rares espèces, la production fut faible, très inférieure à celle des années précédentes. En année plus clémente, les fruits constituent l'essentiel des produits de cueillette, soit pour la nourriture humaine (*Adansonia digitata* ou « pains de singe », *Sclerocarya birrea* et *Ziziphus mauritiana*), soit pour la pâture des animaux (*Acacia senegal*). En 1972-73, les quelques peulhs sédentarisés de Fété Olé se virent obligés de subsister en mangeant des fruits de *Boscia senegalensis* et, dans une moindre mesure, de *Balanites aegyptiaca* qui constituèrent pendant quelques semaines l'essentiel de leur alimentation.

De la même façon, la récolte de gomme arabique sur *Acacia senegal* fournit chaque année une source de revenus non négligeable aux populations locales. En 1972-73 aucune saignée ne fut entreprise pour deux raisons : production trop faible et absence des nomades s'adonnant à la cueillette.

Mis à part *Adansonia digitata*, *Commiphora africana* et *Ziziphus mauritiana*, la plupart des ligneux fleurirent. La sécheresse influa davantage sur la date d'apparition des boutons floraux et sur la durée de la période de floraison.

Il en fut de même pour la phénophase feuillée. En 1972-73, le débourrement apparut tardivement, la période de vie active fut généralement écourtée, les feuilles formées en moins grand nombre furent également moins grandes et moins lourdes.

Les conséquences sur la strate arborée ou arbustive furent donc multiples et variées. D'ores et déjà, l'« hivernage » de 1973 s'annonce plus arrosé. Il sera donc très intéressant d'étudier pour une végétation privée d'eau depuis septembre 1971, et très diversement affectée par la sécheresse selon les espèces, dans quelles conditions va s'effectuer la reprise de l'activité végétale, et quelles séquelles va laisser sur les ligneux l'exceptionnelle aridité de 1972-73.

RESUME

L'action de l'exceptionnelle sécheresse sévissant dans la zone sahélienne en 1972-1973 fut particulièrement marquée au niveau de la strate ligneuse. Si la feuillaison des ligneux fut retardée et écourtée, si la production foliaire a été fortement réduite, les effets du manque d'eau sur la floraison et la fructification furent encore plus nets : peu d'arbres fructifièrent, et quand la fructification eut lieu, la production de fruits apparut bien plus faible que celle des années précédentes. La mortalité fut élevée ; en classant les espèces de la plus résistante à la plus sensible, nous trouvons : *Boscia senegalensis*, *Grewia bicolor*, *Balanites aegyptiaca*, *Commiphora africana*, *Acacia senegal* et *Guiera senegalensis*.

SUMMARY

The effects of the 1972 drought were particularly marked upon the tree layer on the IBP study site of Fété Olé, Sénégal. The period at which trees normally come into leaf was delayed, leaf production was strongly decreased, and the trees kept their leaves for a shorter time than usual. Few trees bore fruits or seeds and fruit and seed production was also very much smaller than it is usually the case. Many trees died, but mortality rates varied widely according to species, location and age. The commonest species can be classed as follows, according to their decreasing resistance to drought : *Boscia senegalensis*, *Grewia bicolor*, *Balanites aegyptiaca*, *Commiphora africana*, *Acacia senegal* and *Guiera senegalensis*.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier MM. Amadine SAMB, Moussa KEITA et Adiuma FAYE pour leur collaboration efficace aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire, ainsi que Michel LEPAGE qui a bien voulu, en notre absence, effectuer certains relevés phénologiques.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBREVILLE, A. (1950). — *Flore forestière soudano-guinéenne*. A.O.F., Cameroun, A.E.F. Soc. Ed. Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris, 523 p.
- BILLE, J.C. (1971). — *Observations préliminaires sur quelques arbres du Sahel sénégalais*. Rapport O.R.S.T.O.M., Dakar-Hann. 49 p. ronéo.
- BILLE, J.C. ; LEPAGE, M. et POUPON, H. (1972 a). — *Présentation de la zone d'étude de Fété Olé (Sénégal)*. Rapport O.R.S.T.O.M., Dakar-Hann. 54 p. ronéo.
- BILLE, J.C. ; LEPAGE, M. ; MOREL, G. et POUPON, H. (1972). — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : présentation de la région. *La Terre et la Vie*, 26 : 333-350.
- BILLE, J.C. et POUPON, H. (1972 a). — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : Description de la végétation. *La Terre et la Vie*, 26 : 351-365.

- BILLE, J.C. et POUPON, H. (1972 b). — Recherches écologiques sur une savane sahé-
lienne du Ferlo septentrional, Sénégal : Biomasse végétale, et production
primaire nette. *La Terre et la Vie*, 26 : 366-382.
- HARPER, R.M. (1906). — A phytogeographical sketch of the Altamaha Grit Region
of the Coastal Plain of Georgia. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 17, Part I.
- LEPAGE, M. (1972). — Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo
septentrional, Sénégal : Données préliminaires sur l'écologie des termites.
La Terre et la Vie, 26 : 383-409.
- LIETH, H. (1971). — The phenological viewpoint in productivity studies. *Ecologie
et Conservation, Actes du Colloque de Bruxelles*, 1969. UNESCO, 4 : 71-84.
- LORD MEDWAY (1972). — Phenology of a tropical rain forest in Malaya. *Biol. J. Linn.
Soc.*, 4 : 117-146.
- PINTHUS, M.J. (1959). — Observations on the phenology of the spring wheat,
barley and oats. *Bul. Res. Council. Israël*, VII, D. 2 : 71-80.
- RIOU, C. (1972). — Etude de l'évaporation en Afrique centrale. *Cah. O.R.S.T.O.M.,
Sér. Hydrol.*, 9 : 39-51.

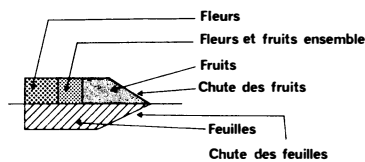
ANNEXE

Nous donnons en annexe les phénogrammes de feuillaison, floraison et fructification de chacune des dix-sept espèces observées.

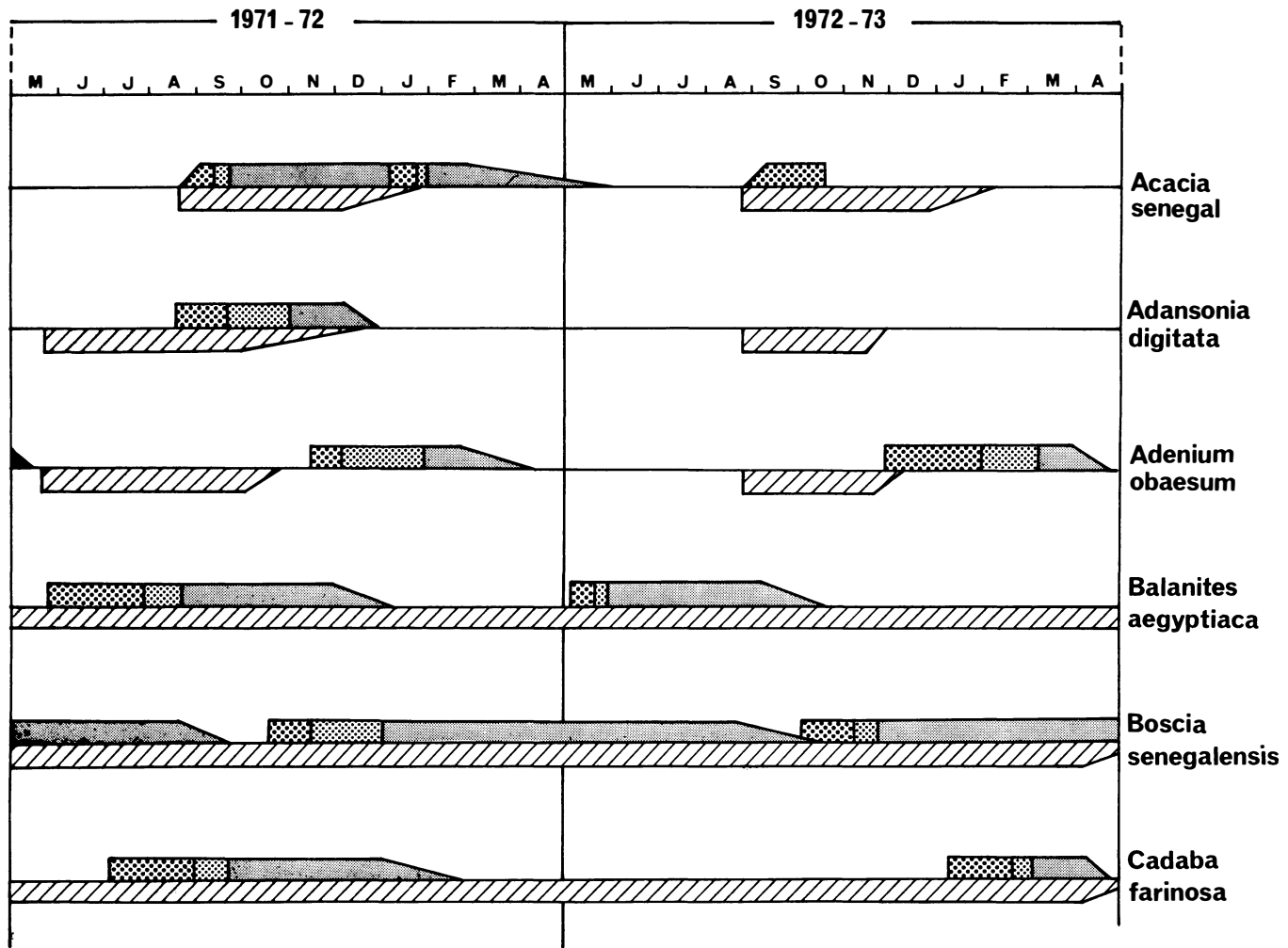
Deux remarques faciliteront la lecture de ces graphiques :

— Dans le cas de *Balanites aegyptiaca*, nous ne précisons pas la date exacte de la chute des feuilles tant celle-ci est diffuse. Elle débute généralement après l'apparition de la nouvelle feuillaison.

— Pour cet arbre et pour *Cadaba farinosa*, nous avons indiqué auparavant que nous trouvions à chaque relevé des bourgeons floraux ou des fleurs épanouies. Sur les figures, nous ne représentons que l'époque où floraison et fructification sont maximales.

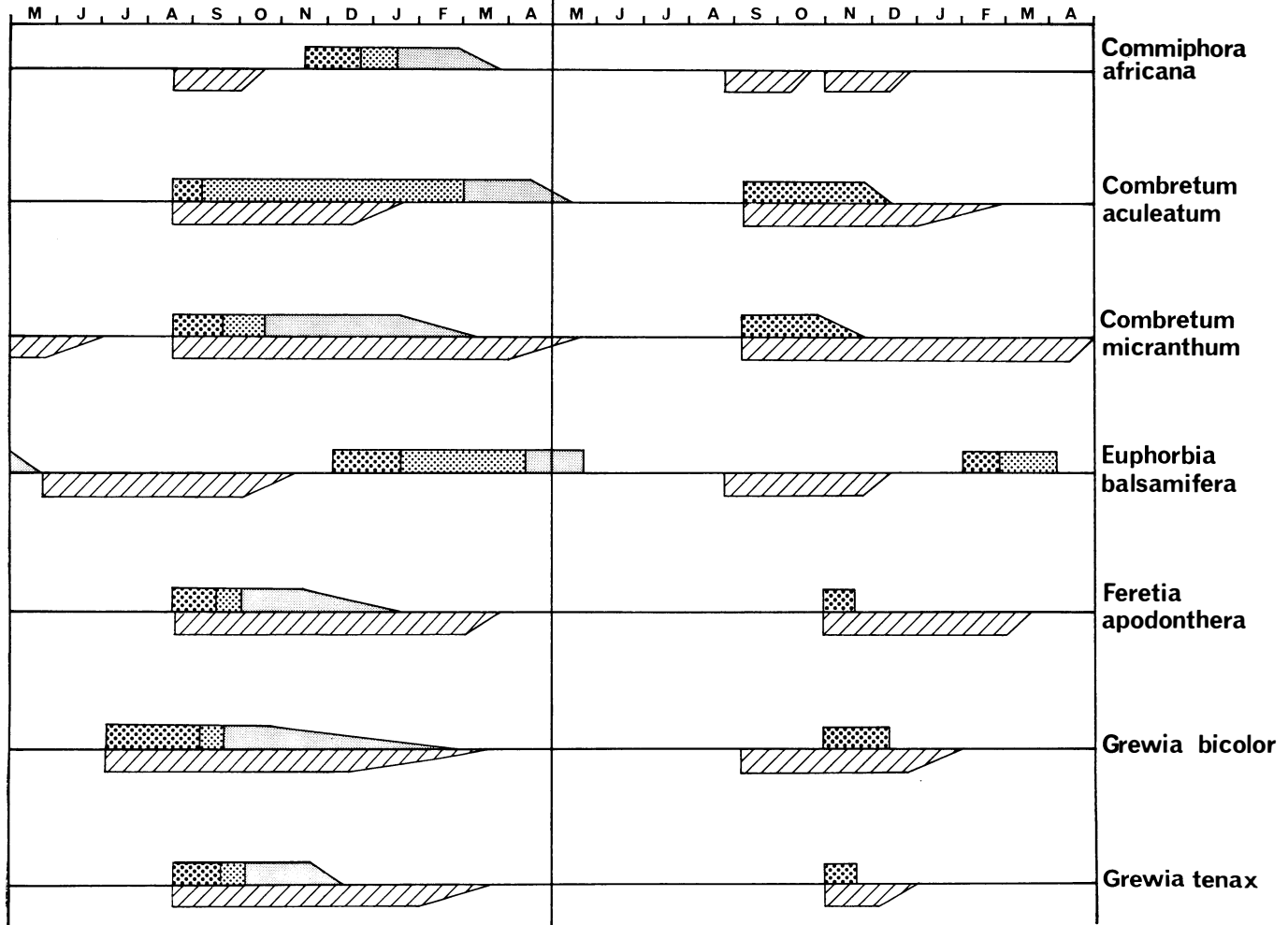


Explication des phénogrammes présentés
sur les trois pages suivantes.



1971-1972

1972-1973



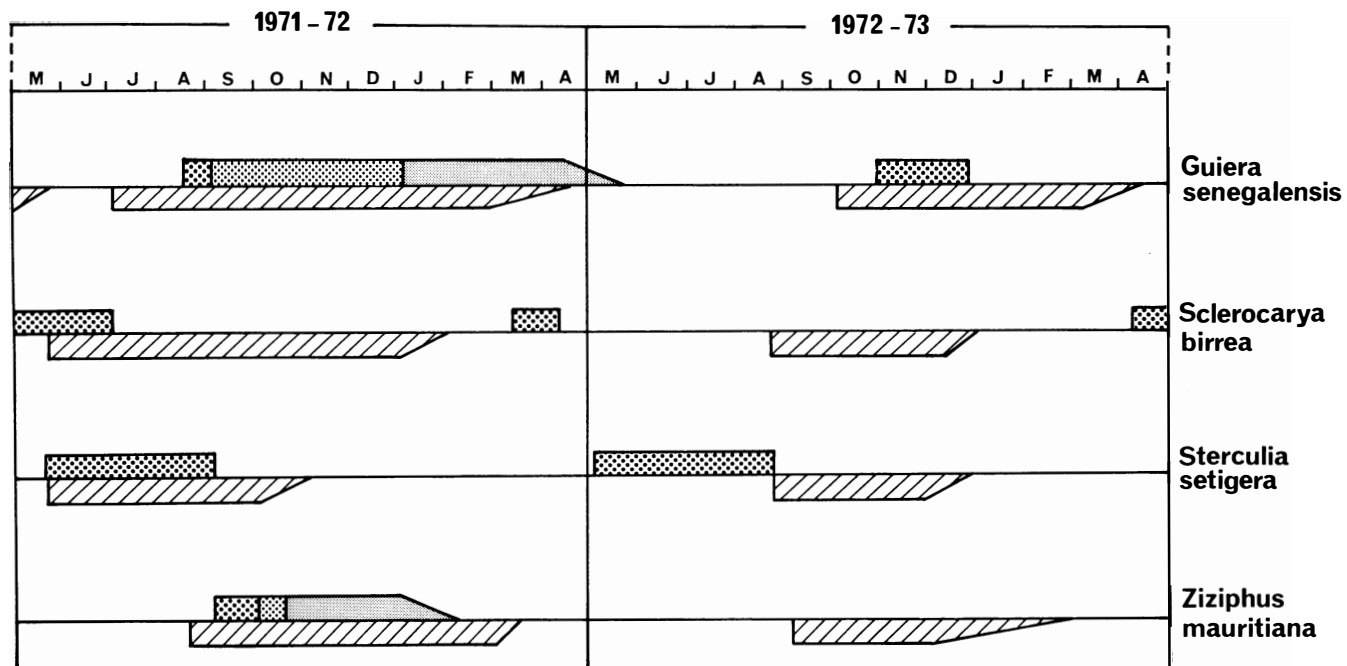


Figure 11. — Phénologie des 17 espèces ligneuses de Fété Olé en 1971-72 et 1972-73.
 Voir page 72 pour l'explication des phénogrammes.