

J. Cesar ¹
A. Havet ²

Influence du climat et du sol sur la production herbacée des savanes en Côte-d'Ivoire

Après une étude comparative du climat et du sol de 10 stations réparties dans la zone de savane de Côte-d'Ivoire, les auteurs tentent de dégager les liaisons entre le milieu naturel et la production herbacée.

Des régressions satisfaisantes sont obtenues entre la masse végétale maximale de fin de cycle et les déficits hydriques (évapotranspiration potentielle moins pluviosité). Les relations sont améliorées en ajoutant une variable édaphique. Ces équations sont établies soit à partir des moyennes stationnelles soit à partir de données annuelles recueillies entre 1976 et 1980, ce qui permet dans ce dernier cas de prendre en compte les variations climatiques interannuelles. *Mots clés* : Savane – Climat – Sol – Production herbacée – Côte-d'Ivoire.

autant de dégradation en pratiquant des rotations plus strictes, avec des temps de repos de l'ordre de 30 à 40 jours. On peut alors adopter des charges moyennes plus élevées, comme cela se pratique sur certains ranchs de Côte-d'Ivoire. La gestion devient plus intensive ; mais aussi, elle nécessite une connaissance plus approfondie de la production d'herbe. En effet, l'exploitation intensive a comme conséquence de maintenir un tapis herbacé ras. La production végétale s'en trouve diminuée et nous avons observé, dans les formations exploitées suivant un rythme de 30 jours, une baisse de la production végétale de 50 p.100 pour un pâturage soudanais et de 30 p.100 pour un pâturage guinéen.

On peut résumer l'influence de la gestion à l'aide d'un exemple : le cas d'un même pâturage soudanais de bonne qualité, dont toutes les espèces ou presque seraient consommables et produisant 5 t de matière sèche par hectare (région de Badikaha), soumis à 2 régimes d'exploitation.

Régime extensif :

Biomasse maximale	5 t/ha
Production approximative en système extensif	5 t/ha
Fraction consommée	20 p.100
Disponible fourrager	1 t/ha

Régime intensif :

Biomasse maximale	5 t/ha
Production en système intensif	2,5 t/ha
Fraction consommée	80 p.100
Disponible fourrager	2 t/ha

La plupart des études pastorales utilisent la masse végétale de fin de cycle (biomasse maximale) comme base de calcul du disponible fourrager et de la capacité de charge. Il est donc utile d'avoir une bonne mesure de la masse herbacée maximale. Elle est obtenue en fin de saison des pluies au moment de l'épiaison des graminées, mais elle nécessite une expérimentation assez délicate compte tenu de l'hétérogénéité de la végétation (hétérogénéité qui s'accroît à cette période) et de la variabilité de la production en fonction du sol, de la topographie, etc. Il faut ensuite répéter l'expérience plusieurs années pour avoir une idée des variations interannuelles dues aux

INTRODUCTION

Production végétale et capacité de charge

L'estimation de la capacité de charge est une donnée fondamentale pour l'établissement d'élevage sur pâturage naturel. Mais la capacité de charge dépend de deux sortes de facteurs : les facteurs liés directement au pâturage (composition floristique, sol, productivité, etc.) et ceux liés à l'homme (principalement le type de gestion employé). En effet, pour une même savane, la productivité varie considérablement selon que le troupeau est conduit en extensif ou en intensif. En extensif, les animaux ne consomment qu'une faible partie de la production ; ils choisissent les espèces appétibles, les autres constituent les refus. On s'expose alors à la disparition des espèces appétibles au profit des non broutées ou des ligneux. Pour éviter ces dégradations, il faudrait augmenter la surface du pâturage, mais on est souvent limité par la taille des terroirs et l'extension des cultures.

Il est possible de faire consommer une plus forte proportion de la production végétale sans provoquer

1. IEMVT, 10, rue Pierre-Curie, 94704 Maisons-Alfort Cedex, France.
2. INRA - SAD, 78850 Thiverval - Grignon.

J. Cesar, A. Havet

aléas climatiques, ces variations ont une grande amplitude.

Des relations simples avec les facteurs du milieu (climat-sol) permettraient de s'affranchir du travail de terrain et d'aboutir à une classification des pâturages en fonction de leur productivité et peut-être à une cartographie simplifiée.

Liaisons entre production fourragère et facteurs climatiques

L'existence de relations entre la pluviosité et la capacité de charge a déjà été montrée en Afrique, soit pour le bétail domestique (1, 15) soit pour la faune sauvage (18) ou la comparaison de deux systèmes (4, 10). Les liaisons entre la pluie et la productivité annuelle ont été très étudiées au Mali; plusieurs modèles sont proposés (6, 12). Des relations ont également été établies pour le Sénégal (2, 3) et la Rhodésie (24). Mais BILLE (2) montre que la biomasse est moins bien corrélée avec le total des précipitations qu'avec le nombre de jours de pluies où l'humidité du sol autorise la croissance. SINGH et RAMAKRISHNA aux Indes arides obtiennent de bonnes régressions en limitant la pluviométrie à la période utile (20), mais CASSADY (8) avec environ 600 mm de pluie au Kenya ne peut relier la production d'herbe à la pluviosité annuelle.

BRAUN (5) observe, dans les savanes de Tanzanie recevant entre 500 et 1 200 mm de précipitation, des corrélations différentes suivant les zones de végétation, mais il constate aussi que la variabilité de la production s'accroît quand la pluviosité augmente. Il semble donc que les régressions avec la pluviosité conviennent moins bien aux climats tropicaux humides qu'aux climats plus secs. STEINHORST et MORRIS (22) dans une étude comparative à l'échelle mondiale trouvent aussi que la pluie et la température sont insuffisantes pour prédire la durée de la croissance dans les régions tropicales.

NOURRISSAT (17) avait déjà montré que pour des pâturages recevant annuellement 700 mm de pluie, il était indispensable de tenir compte de la répartition des pluies, ou, ce qui revient au même, de la pluviosité utile. Dans cet esprit, certains auteurs obtiennent de meilleurs résultats en utilisant l'évapotranspiration réelle (ETR), calculée en fonction des réserves en eau du sol: BOUDET (3) au Sénégal, MAC COWN *et al.* (16) en Australie dans des formations à *Heteropogon contortus* recevant 800 mm de précipitation. ROSENZWEIG (19) utilise également l'ETR dans une

étude comparative à l'échelle mondiale et COCHRANE *et al.* (9) se servent de l'évapotranspiration partielle (ETP) pour caractériser les zones de production des savanes d'Amérique du Sud. DAHL (11) dans l'Etat du Colorado obtient lui aussi ses meilleures régressions avec l'évapotranspiration.

L'ETP avait déjà été employée par TALINEAU (23) pour des cultures fourragères dans des zones climatiques de plus de 1 100 mm. En Côte-d'Ivoire, nous avons observé que la productivité herbacée des savanes ne pouvait être directement corrélée à la pluviosité annuelle, la répartition des pluies jouant un rôle plus important que le total des pluies. Cependant, le déficit hydrique (ETP moins pluviosité) semblait, parmi les facteurs climatiques, le mieux lié à la production.

L'utilisation de l'ETP comme variable déterminante de la production herbacée dans les zones tropicales humides apparaît donc comme une solution simple, avant la recherche d'indices climatiques plus complexes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude a été menée dans 9 localités réparties le long du gradient Nord-Sud des savanes de Côte-d'Ivoire (Fig. 1). Les deux localités les plus extrêmes ont été dédoublées chacune en 2 stations en fonction du couvert ligneux. Dix de ces stations (Bouaké excepté) ont été étudiées simultanément pendant trois ans et pour quatre d'entre elles les observations se sont poursuivies pendant quatre à cinq ans.

Ces stations ont été choisies pour leur remarquable homogénéité. Ce sont des formations essentiellement herbeuses à *Andropogoneae*, installées sur des sols à dominance sableuse. La strate arbustive ou arborée est claire (recouvrement < 10 P.100) et a peu d'influence sur la production herbacée. Seule la forêt claire de la Palé présente une strate arborée plus importante. Cette station est exclue de l'analyse des données annuelles.

Données biométriques

La production végétale herbacée est mesurée par la masse en fin de cycle végétatif, à l'époque de l'épiaison des graminées où la savane se présente à son développement maximal. Cette date varie entre

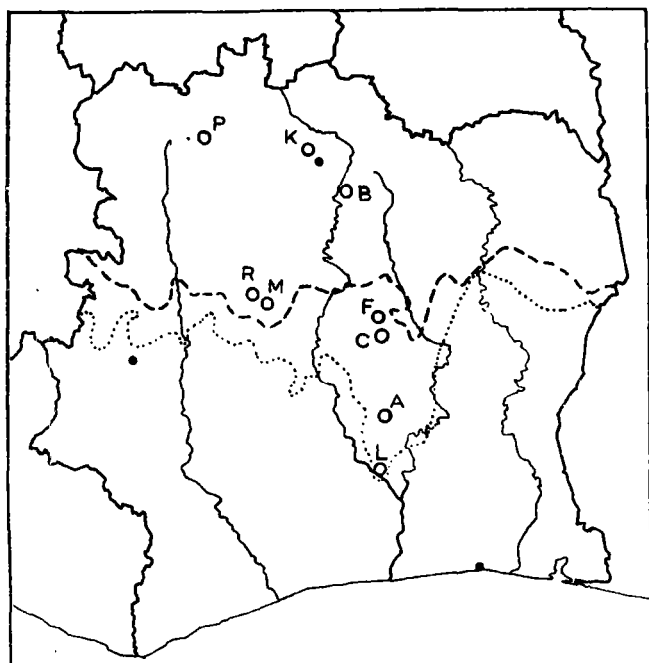


Fig. 1 : Carte de situation des stations étudiées.

L : Lamto, savane herbeuse (LH), savane arborée (LA). A : Abokouamékro. C : Bouaké, CRZ. F : Foro-Foro. M : Mankono. R : ranch de la Marahoué. B : Badiakaha. K : Kawaha. P : Palé, savane arborée (PA), forêt claire (PF).
 (-----) Limite des domaines guinéens et soudanais (d'après GUILLAUMET et ADJANOHOUN, 13).
 (—) Limite septentrionale de la forêt dense.

octobre et décembre. On a pris pour les calculs la moyenne des trois relevés d'octobre, novembre et décembre, ce qui permet en outre de réduire l'erreur d'échantillonnage. La masse végétale est exprimée en grammes de matière sèche par mètre carré.

Données climatiques

Les relations entre la production végétale et le climat sont abordées de deux manières, soit à partir des données annuelles (à la fois climatiques et biométriques), soit à partir des moyennes stationnelles. Dans le cas des moyennes, le déficit hydrique (ETP – pluviosité) est calculé en utilisant la pluviosité moyenne mensuelle et l'ETP établie par ELDIN (13) d'après la formule de TURC :

$$ETP = [0,40 (t + 15)] [(0,62 hH + 0,18) I_{g_A} + 50]$$

Dans cette expression, l'ETP est exprimée en mm, t est la température sous abri en degrés C, h la durée

quotidienne d'insolation, H la durée du jour en heures et I_{g_A} l'énergie du rayonnement solaire qui atteindrait le sol en l'absence d'atmosphère en $\text{cal/cm}^2/\text{jour}$.

Pour les données annuelles, la pluviosité est mesurée en principe directement sur la parcelle d'étude au moyen d'un pluviomètre à accumulation relevé tous les mois. Pour les données du début de l'expérience, pour lequel on ne disposait pas de pluviomètre sur les parcelles, on s'est référé à la pluviométrie de la station ou, le cas échéant, de la localité la plus proche. L'ETP est obtenue comme précédemment d'après ELDIN. Il n'a pas été tenu compte des variations interannuelles de l'ETP.

Données édaphiques

Les sols des stations ont fait l'objet d'analyses granulométriques et chimiques. Ces sols appartiennent à la gamme des sols ferrugineux ou ferralitiques issus de granite. Une seule station fait exception et se situe sur chiste, mais même en incluant cette dernière la teneur en sable est toujours supérieure à 75 p.100.

Etude du climat

Les différences climatiques entre stations ont été étudiées au travers d'une analyse en composantes principales. Les 12 déficits hydriques mensuels constituent les variables actives tandis que les couples station-année représentent les individus. La biomasse est projetée comme une variable supplémentaire : elle n'intervient pas dans la définition des axes. La figure 2 illustre la répartition des individus et des variables suivant les axes 1 et 2.

Explication de l'axe 1

Cet axe exprime 31 p.100 de l'inertie. Il isole sur le demi-axe positif les déficits hydriques de juillet, août, septembre qui correspondent à la petite saison sèche de la zone climatique guinéenne. Les autres déficits hydriques, de saison sèche comme de saison des pluies, sont regroupés en un ensemble unique (traits pleins). L'axe 1 représente l'opposition entre les deux types de climat de la région étudiée. Il est normal de retrouver les stations du sud dans la partie droite du graphe et celles du nord sur le demi-axe négatif.

Les deux groupes de stations forment des ensembles presque distincts (lignes discontinues). Les quelques exceptions qui provoquent le chevauchement des deux zones (Abokouamékro 1977 –

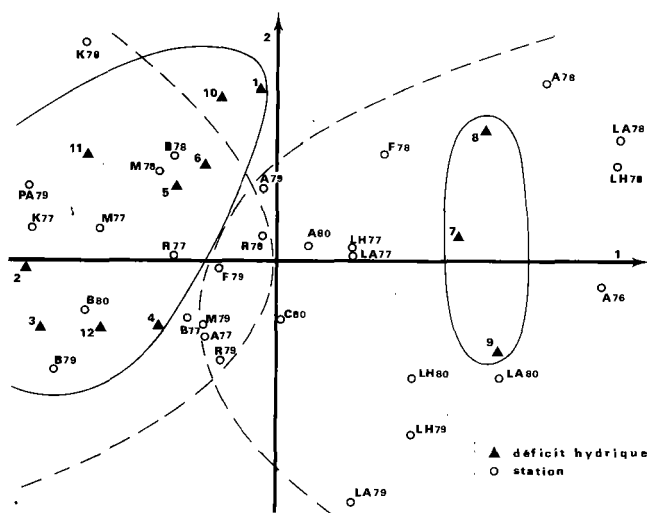


Fig. 2 : Analyse en composantes principales du climat.

Foro-Foro 1979 – ranch de la Marahoué 1978) disparaissent si l'on considère les moyennes stationnelles (barycentre de chaque station).

On remarque que les stations de la région guinéenne sont plus étalées ; la cause de cet étalement est une plus grande variabilité interannuelle dans le régime des pluies.

TABLEAU I Coefficients de corrélation entre les variables édaphiques.

	Matière organique	N	P	K
Sable grossier	— 0,68 *	— 0,70 *	— 0,66 *	— 0,32
Sable fin	0,22	0,21	0,12	— 0,24
Sable très fin	0,47	0,50	0,60 *	0,81 **
Limon	0,44	0,50	0,58*	0,78**
Argile	0,83**	0,85 **	0,87 **	0,61 *
Argile + Limon		0,87 **	0,91 **	0,75 **
pH	0,40	0,30	0,34	0,66 *
Matière organique	1,00	0,87 **	0,90 **	0,61 *
N		1,00	0,90 **	0,67 *
P			1,00	0,66 *
K				1,00

* Significatif au seuil de 0,05

** Significatif au seuil de 0,01

Explication de l'axe 2

L'axe 2 n'exprime que 17,6 p.100 de l'inertie. Il isole l'année 1978 dans la partie positive de l'axe. L'année 1978 se caractérise par des déficits hydriques importants en août, octobre et janvier : ces trois points se retrouvent dans la partie supérieure du graphe.

En conclusion, l'analyse des déficits hydriques fait apparaître deux zones climatiques qui se distinguent par les déficits de juillet, août et septembre. Ces résultats sont en parfaite concordance avec nos connaissances du climat de la Côte-d'Ivoire.

Etude du sol

Les caractéristiques physiques et chimiques du sol ont été analysées par la même méthode. Les variables sont les 10 caractères du sol (texture, pH, matière organique, N, P, K). Les stations représentent les 11 individus.

Coefficients de corrélation

Le tableau I rassemble les coefficients de corrélation entre les variables édaphiques. Les corrélations avec les constituants chimiques sont négatives pour le sable grossier et positives pour les éléments fins (ar-

gile et limon). Elles sont positives pour les constituants chimiques entre eux. La liaison entre la fertilité chimique et la texture est donc confirmée pour ces types de sol en majorité issus de granite. Les coefficients sont élevés et souvent hautement significatifs, notamment entre l'argile ou argile + limon et l'azote ou le phosphore, de même qu'entre l'azote et le phosphore. On remarque cependant que la meilleure corrélation du potassium est obtenue avec le sable très fin.

Explication de l'axe 1 (Fig. 3)

Cet axe exprime 57 p.100 de l'inertie. Il oppose les deux facteurs de texture les plus différents, l'argile et le sable grossier. C'est donc un axe de texture mais qui se double d'une signification chimique. Les éléments fertilisants N, P, K et la matière organique se rassemblent autour du facteur argile.

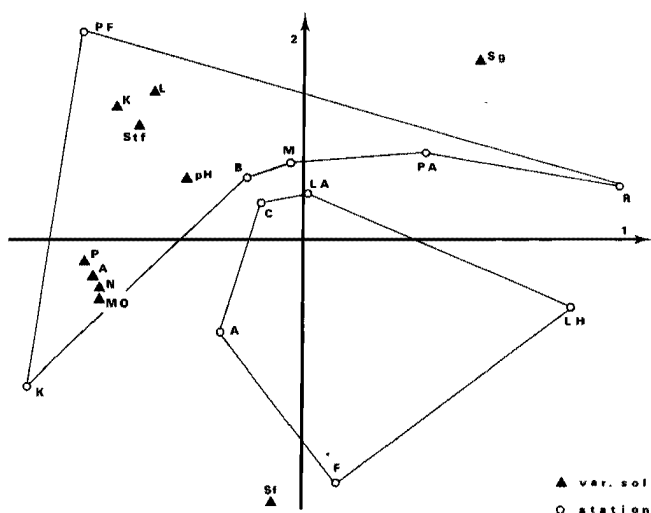


Fig. 3 : Analyse en composantes principales du sol.

Explication de l'axe 2

L'axe 2 qui exprime encore 20 p.100 de l'inertie, isole le sable fin dans la partie inférieure du graphe et l'oppose au sable grossier, limon et sable très fin. En même temps, le potassium se retrouve dissocié des autres constituants chimiques.

Les variables de compositions chimiques sont en définitive assez bien groupées, ce qui permet de caractériser facilement la fertilité des stations. Les plus pauvres, globalement, sont le ranch de la Marahoué et la savane herbeuse de Lamto (LH). Le Foro est remar-

quable par sa faible teneur en potasse. A l'opposé les stations les plus fertiles sont la forêt claire de Palé (PF) et la jachère de Kawaha. On retrouve au centre du graphique un groupe homogène de 4 stations peu différenciées qui sont surtout formées des savanes arborées et arbustives moyennement claires.

Indépendamment de la répartition des stations suivant les axes de texture et de fertilité chimique, il est possible de retrouver les deux zones climatiques précédentes, matérialisées par les polygones sur le graphique.

Les stations guinéennes sont assez groupées, leur barycentre se localise dans le quadrant inférieur droit. Les stations soudanaises sont plus étalées le long de l'axe 1. Leur barycentre est situé dans le quadrant opposé au précédent. Elles apparaissent en moyenne plus fertiles mais aussi moins homogènes.

On retrouve avec le sol la même opposition climatique malgré des différences de textures importantes dans chaque zone. Les sols de la zone soudanaise sont en moyenne plus fertiles, notamment plus riches en potasse. Ceci s'explique par un lessivage plus important sous un climat guinéen.

Corrélation entre production herbacée et déficit hydrique

L'étude des relations entre la masse végétale de fin de cycle et le déficit hydrique peut être abordée de deux manières :

- Soit à partir des données annuelles (une série de données par année d'étude et par station). On dispose dans ce cas de 29 séries de données.
- Soit à partir des moyennes climatiques et des moyennes biométriques stationnelles établies pour les trois mêmes années d'observation. On dispose alors de 10 séries de données correspondant aux 10 stations.

Régressions portant sur les moyennes

Déficit hydrique seul

Il semble que la période la plus intéressante pour caractériser la production moyenne stationnelle soit le début de la saison des pluies. La meilleure régression

J. Cesar, A. Havet

est obtenue avec le déficit hydrique cumulé de février à mai (*) :

$$y = 663 - 0,837 x_{2,5} ; p = 0,99. R = - 0,90.$$

Influence du sol

Les facteurs édaphiques étant étroitement corrélés entre eux, il n'est pas utile de les introduire tous dans les régressions. Le sable grossier a donné ici les meilleurs résultats : $y = 844 - 0,866 x_{2,5} - 3,45 S$; $p = 0,99 ; 0,92. R = 0,95.$

Régressions portant sur les données annuelles

Les équations suivantes ont été obtenues par la méthode des régressions progressives. Dans cette méthode, les variables sont introduites dans l'ordre décroissant d'explication de la variance. Il est donc nécessaire de fixer un seuil d'acceptation des variables en fonction de la signification des coefficients de régression. Dans la suite, une variable dont la probabilité p de signification du coefficient de régression est comprise entre 0,20 et 0,05 sera à considérer avec prudence. Au-dessous de 0,20, les variables sont toujours rejetées. On a également tenu compte du signe du coefficient de régression pour l'acceptation d'une variable située à la limite de signification. A moins d'explication contraire, le signe doit être positif pour une variable influençant favorablement la production (ex. : Azote), négatif dans le cas contraire (ex. : Déficit hydrique).

Déficit hydrique seul

Les études du climat et du sol ont montré que les stations étudiées se répartissaient en deux groupes qui se superposent exactement aux zones climatiques classiques. On peut donc prévoir que les lois de croissance de l'herbe seront aussi différentes pour ces deux zones climatiques.

Cependant, le fait de regrouper les deux zones sous un modèle commun présente l'avantage pratique d'une plus grande simplicité surtout lorsqu'on travaille

à la limite entre les deux zones. On proposera donc trois équations : région guinéenne, région soudanaise et ensemble.

Région guinéenne

$$y = 742 - 1,245 x_{6,7} - 0,828 x_{10,11} ; p = 0,99 ; 0,98. R = 0,77.$$

Région soudanaise

$$y = 538 - 0,490 x_{5,6} - 1,661 x_{7,8} - 0,876 x_{9,10} ; p = 0,80 ; 0,99 ; 0,90. R = 0,82.$$

Ensemble

$$y = 752 - 0,414 x_{4,5} - 0,940 x_{6,7} - 1,215 x_{10,11} ; p = 0,90 ; 0,99 ; 0,999. R = 0,78.$$

On remarque que les déficits hydriques de saison sèche n'interviennent pas dans ces équations. En effet, les pluies de saison sèche (décembre, janvier, février) ont peu d'influence sur la masse de fin de cycle. D'une part, le feu intervient à une date variable parfois en mars, et seule compte la croissance après cette date. D'autre part, lorsque la saison sèche se prolonge, la repousse est différée, mais le retard de croissance est facilement compensé par une croissance plus rapide pendant la période suivante où les pluies sont excédentaires par rapport aux besoins des plantes.

Influence du sol

Les équations du paragraphe précédent permettent d'obtenir des valeurs approchées de la masse végétale lorsque l'on ne dispose d'aucune donnée sur le sol. Mais, dans le cas contraire, il est préférable d'utiliser des régressions faisant intervenir un facteur édaphique. La masse calculée est plus précise et son écart type plus réduit.

Région guinéenne

$$y = 630 - 1,075 x_{6,7} - 0,517 x_{8,9} - 1,093 x_{10,11} + 1,38 P ; p = 0,995 ; 0,92 ; 0,999 ; 0,99. R = 0,91.$$

Région soudanaise

$$y = 375 - 0,96 x_{5,6} - 2,08 x_{7,8} - 1,125 x_{9,10} + 3,85 N ; p = 0,98 ; 0,995 ; 0,99. R = 0,91.$$

Ensemble

$$y = 1\,061 - 0,410 x_{4,5} - 1,093 x_{6,7} - 1,357 x_{10,11} - 5,55 S ; p = 0,92 ; 0,999 ; 0,999 ; 0,995. R = 0,85.$$

On remarque que le facteur édaphique qui a le plus d'influence sur la production végétale change selon que l'on considère le sud, le nord ou l'ensemble des

1. (*) Dans cette équation et les suivantes, y représente la masse herbacée maximale en g/m^2 , x le déficit hydrique en mm des mois portés en indice (exemple : $x_{2,5}$, déficit hydrique cumulé de février à mai), P la teneur en phosphore en p.p.m., N et S les teneurs en azote et sable en p. 100. Les probabilités p de signification des coefficients de régression sont données à la suite de l'équation dans l'ordre des variables.

deux zones climatiques. Il semble que le phosphore soit le facteur limitant en région guinéenne, et l'azote en région soudanaise.

DISCUSSION

Choix des équations

Les coefficients de corrélation sont plus élevés avec les données moyennes qu'avec les données annuelles. Les équations établies à partir des moyennes sont plus précises et l'écart type de la production est plus réduit qu'avec les données annuelles. Cependant, les valeurs cumulées n'ont pas la même signification. Les équations établies à partir des moyennes ne donnent aucune idée des variations inter-annuelles possibles. Elles permettent seulement de calculer la moyenne d'une station, et leur intérêt est purement géographique. Les équations établies à partir des données annuelles rendent compte des fluctuations climatiques ; leur intérêt est double : les valeurs calculées dépendent de l'espace et du temps.

Ainsi, le domaine d'application n'est plus le même. Les équations établies à partir des moyennes peuvent convenir aux études visant à la création d'unité d'élevage. Elles sont parfaitement adaptées aux études cartographiques, puisqu'elles éliminent les variations inter-annuelles. Mais, dans le cas de suivi d'élevage, il est évidemment préférable d'utiliser les équations établies à partir des données annuelles.

Dans le cas des moyennes, les équations utilisent le déficit hydrique de février à mai. Le reste de l'année a pourtant une influence sur la biomasse maximale comme le montrent les équations établies à partir des données annuelles. Il semble donc que la production moyenne d'une station puisse être définie correctement par le régime des pluies de février à mai, mais que les variations inter-annuelles de la masse maximale dépendent surtout de la pluviosité des 7 derniers mois de l'année (juin à décembre).

Limites d'application

Les régressions sont applicables à des variables du même ordre de grandeur que les données qui ont servi à les établir. Pour les déficits hydriques, elles s'appliquent seulement à la zone géographique étudiée et,

pour les facteurs édaphiques, à la gamme des sols sableux et sablo-argileux dont la fraction fine (argile + limon) est comprise entre 8 et 24 p.100. Les résultats ne peuvent être extrapolés à des sols qui s'écartent beaucoup de ces valeurs ; cependant, la majorité des sols issus de granite, qui constituent la plus grande partie des savanes de Côte-d'Ivoire appartiennent à cette catégorie.

D'autres variables ont une influence sur la production et n'ont pas été prises en considération telles que l'hydromorphie, l'influence des arbres, etc. Dans les savanes choisies, le peuplement ligneux est toujours suffisamment faible pour qu'on puisse négliger l'influence de l'ombre sur la production d'herbe. On n'a pas non plus fait intervenir le climat de l'année précédente dans les régressions. Certains auteurs ont montré qu'il pouvait avoir un rôle (7, 11).

CONCLUSION

S'il est possible dans les régions tropicales sèches d'obtenir de bonnes corrélations entre la pluviosité et la biomasse de fin de cycle, comme l'ont montré de nombreux auteurs (2, 3, 5, 12, 20, 21), il n'en est pas de même en zone tropicale humide. Néanmoins, ce que l'on peut dégager de cette étude, c'est l'importance du déficit hydrique comme facteur de production. L'ETP liée à la pluviosité par le biais du déficit hydrique semble une variable déterminante pour l'estimation de la production herbeuse sous les climats tropicaux humides et équatoriaux. On rejoint ainsi les travaux de MAC COWN et collab. (16) et de TALINEAU (23) réalisés sous des pluviosités supérieures à 800 mm ou ceux de zones plus arides (3, 25).

Enfin, ces équations ne doivent pas être considérées comme définitives : elles ont été obtenues au moyen d'un petit nombre de données (29 au total) réparties sur cinq années pour les données annuelles, 10 sur trois ans pour les moyennes. Elles auraient été différentes et sans doute plus précises après une période plus longue. De même, l'adjonction de stations d'observation répondant à des situations écologiques nettement différentes (par exemple sur des substrats argileux) aurait peut-être permis d'étendre les résultats à des zones plus vastes. De plus, plusieurs facteurs qui agissent directement sur la production herbacée n'ont pas été introduits dans ces régres-

sions : la présence de ligneux, l'influence de l'ombre, l'hydromorphie du sol, les dégradations provoquées par le broutage et l'effet du climat des années précé-

des. Les données de déficit hydrique peuvent être aussi améliorées en mesurant l'ETP directement sur la station d'étude. ■

CESAR (J.), HAVET (A.). Climate and soil incidence on savannah grass production in Ivory Coast. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (3-4) : 453-461

After a challenge study of climate and soil of 10 stations scattered over the savannah zone in Ivory Coast, the authors try to identify the links between natural environment and grass production factors.

Satisfactory regressions are obtained between the maximum vegetal mass at cycle end, and water deficiencies (potential evapotranspiration less precipitation). Adjunction of an edaphic variable improves statistical relations. These equations are established either through mean stations data or from annual figures collected since 1976 up to 1980, allowing in this last case to take into account interannual climatic variations. *Key words* : Savannah - Climate - Soil - Grass production - Ivory Coast.

CESAR (J.), HAVET (A.). Influencia del clima y del suelo sobre la producción herbácea de las sabanas en Costa de Marfil. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1986, **39** (3-4) : 453-461

Después de un estudio comparativo del clima y del suelo de 10 estaciones distribuidas en la zona de sabana de Costa de Marfil, los autores tratan de evidenciar las relaciones entre el medio natural y la producción herbácea.

Se obtienen regresiones satisfactorias entre la masa vegetal máxima al fin del ciclo y los déficits hídricos (evapotranspiración potencial menos pluviosidad). Se mejoran las relaciones al añadir una variable edáfica. Se establecen estas ecuaciones sea a partir de los terminos medios de la estaciones sea a partir de datos anuales recogidos entre 1976 y 1980, lo que permite en el último caso de tomar en cuenta las variaciones climáticas interanuales. *Palabras claves* : Sabana - Clima - Suelo - Producción herbácea - Costa de Marfil.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARNES (D. L.), Mc NEILL (L.). Rainfall variability and animal production in the semi-arid savanna of southern Africa. *Proc. Grassland Soc. S. Afr.*, Rhodesia, 1978, (13) : 59-63.
2. BILLE (J. C.). Mesure de la production herbacée en zone sahélienne. In : Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux africains. Actes du colloque ILCA, Bamako, 1975.
3. BOUDET (G.). Systèmes de production d'élevage au Sénégal, étude du couvert herbacé, compte rendu de fin d'études. ACC-GRIZA-IEMVT, 1983. 27 p. (figures et tableaux).
4. BOURN (D.). Cattle, rainfall and tsetse in Africa. *J. Arid Envir.*, 1978 (1) : 49-61.
5. BRAUN (H. M.). Primary production in the Serengeti, purpose methods and some results of research. *Annls Univ. Abidjan*, 1973, sér. E, **6** (2) : 171-188.
6. BREMAN (H.), CISSE (A. M.), DJITEYE (M. A.), ELBERSE (W. Th.). Pasture dynamics and forage availability in the Sahel. *Israel J. Bot.*, 1979, **28** (80) : 227-251.
7. CABLE (D. R.). Influence of precipitation on perennial grass production in the semi-desert southwest. *Ecology*, 1975, **56** (4) : 1981-1986.
8. CASSADY (J. T.). The effect of rainfall, soil moisture and harvesting intensity on grass production on two rangeland sites in Kenya. *E. Afr. agric. For. J.*, 1973, **39** : 26-36.
9. COCHRANE (T. T.), JONES (P. G.). Savannas, forests and wet season potential evapotranspiration in tropical South America. *Trop. Agric.*, 1981, **58** (3) : 185-190.
10. COE (M. J.), CUMING (D.), PHILLIPSON (J.). Biomass and production of large African herbivores in relation to rainfall and primary production. *Ecology*, 1976, **22** : 341-354.
11. DAHL (B. E.). Soil moisture as a predictive index to forage yield for the sand hills range type. *J. Range Mgmt*, 1963, **16** : 128-132.

12. DIARRA (I.). Composition floristique et productivité des pâturages soudano-sahéliens sous une pluviosité annuelle moyenne de 1 100 à 400 mm. Thèse – Bamako, Mali, 1976. 95 p.
13. ELDIN (M.). Le climat. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. 1971. pp. 73-108 (Mémoire ORSTOM n°50).
14. GUILLAUMET (J. L.), ADJANOHOOUN (E.). La végétation. *In* : Le milieu naturel de la Côte-d'Ivoire. 1971. pp. 73-108. (Mémoire ORSTOM n°50).
15. LE HOUEROU (H. N.), HOSTE (CH.). Rangeland production and annual rainfall relations in the Mediterranean basin and in the African Sahelo-Sudanian zone. *J. Range Mgmt*, 1977, **30** (3) : 181-189.
16. MAC COWN (R. L.), GILLARD (P.), EDYE (L. A.). The annual variation in yield of pasture in the seasonally dry tropics of Queensland. *Aust. J. exp. Agric. anim. Husb.*, 1974, **14** (68) : 328-333.
17. NOURRISSAT (P.). Influence de l'époque de fauche et de la hauteur de coupe sur la production d'une prairie naturelle au Sénégal. *Agron. trop.*, 1966, **21** (2) : 153-161.
18. PHILLIPSON (J.). Rainfall, primary production and "carrying capacity" of Tsavo National Park (East), Kenya. *E. Afr. Wildl. J.*, 1975, **13** : 171-201.
19. ROZENZWEIG (M.L.). Net primary productivity of terrestrial communities prediction from climatological data. *Am. Nat.*, 1968, **102** (923) : 67-74.
20. SINGH (R.P.), RAMAKRISHNA (Y.S.). Influence of rainfall on the forage production of promising desert grasses *Forage Res.*, 1976, **2** : 187-188.
21. SNEVA (F.A.), HYDER (D.N.). Estimating herbage production on semi-arid ranges in the intermountain region. *J. Range Mgmt*, 1962, **15** (2) : 88-93.
22. STEINHORST (R.K.), MORRIS (J.W.). World climate patterns in grassland and savanna and their relation to growing seasons. *Bothalia*, 1977, **12** (2) : 261-265.
23. TALINEAU (J.C.). Action des facteurs climatiques sur la production fourragère en Côte-d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 1970, **14** : 51-76.
24. WALKER (B.H.). Ecological considerations in the management of semi-arid ecosystems in south central Africa. *In* : Proc. first int. Cong. Ecol. Wageningen, 1974 : 124-129.
25. WEBB (W.), SZAREK (S.), LAUENROTH (W.), KINERSON (R.), SMITH (M.). Primary productivity and water use in native forest, grassland, and desert ecosystems. *Ecology*, 1978, **59** (6) : 1239-1247.