

## BIOCLIMATOLOGIE D'UNE CULTURE FOURRAGERE DE PANICUM MAXIMUM SOUS CLIMAT INTERTROPICAL HUMIDE

M. ELDIN

Maître de Recherches à l'O.R.S.T.O.M. (Côte d'Ivoire)

Cette étude est conduite, en Basse Côte d'Ivoire, à 20 km à l'ouest d'Abidjan, par une équipe de cinq bioclimatologistes appartenant à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM).

Les recherches effectuées par cette équipe ont pour but de définir les potentialités climatiques de cette zone intertropicale humide en matière de production agricole et, en particulier, de production fourragère. L'idée qui a conduit au lancement de cette recherche est que la Côte d'Ivoire, actuellement importatrice de viande, pourrait devenir une zone privilégiée d'élevage bovin intensif dans la moitié sud de son territoire. Pour cela deux groupes de problèmes doivent être résolus :

— Des problèmes zootechniques touchant à la protection sanitaire et à l'amélioration du bétail.

— Des problèmes agrostologiques. L'objet de nos recherches dans ce domaine consiste :

1° A préciser l'ordre de grandeur de la production fourragère qu'il est possible d'atteindre dès à présent dans les conditions climatiques de la Basse Côte d'Ivoire, avec les variétés fourragères existantes.

2° A définir, par le biais de l'analyse des rendements énergétique et hydrique de la culture, quelles sont les façons culturales à mettre en œuvre et les caractères morphologiques et anatomiques à sélectionner pour arriver à une utilisation aussi bonne que possible de l'énergie et de l'eau disponible au niveau du couvert étudié.

\*

\* \*

Nos mesures ont été faites sur une parcelle de *Panicum maximum* homogène de deux hectares. Cette graminée fourragère tropicale a retenu l'attention des généticiens de l'O.R.S.T.O.M. à cause de son inaptitude quasi totale à se reproduire par voie sexuée dans les conditions climatiques naturelles de la Basse Côte d'Ivoire (Possibilités d'obtenir des clones très homogènes), de son aptitude à une forte production et de sa bonne appétence par les bovins. Ils ont sélectionné diverses variétés parmi lesquelles nous avons choisi K 187 qui semble être l'une des plus intéressantes pour le moment. Cette graminée a un port érigé et atteint presque 2 mètres à maturité.

La culture étudiée est maintenue à son rythme d'évapotranspiration maximale (ETM) par des irrigations en saison sèche. Elle est fauchée toutes les 4 ou 5 semaines lorsque sa hauteur atteint 160 cm.

#### CONDITIONS CLIMATIQUES DE L'EXPERIMENTATION

Le climat de la Station O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé peut se caractériser sommairement par (GOSSE-ELDIN, 1971 ; ELDIN, 1971) :

— Des variations importantes du rayonnement solaire global (R G) au cours de l'année (fig. 1).

— La part du visible, de l'infra-rouge, et de l'ultraviolet dans le rayonnement global (0,3 à 3  $\mu$ ) semble rester relativement constante au cours de l'année d'après une étude de MM. LEGUESDRON et BAUDET (1969) effectuée à Abidjan.

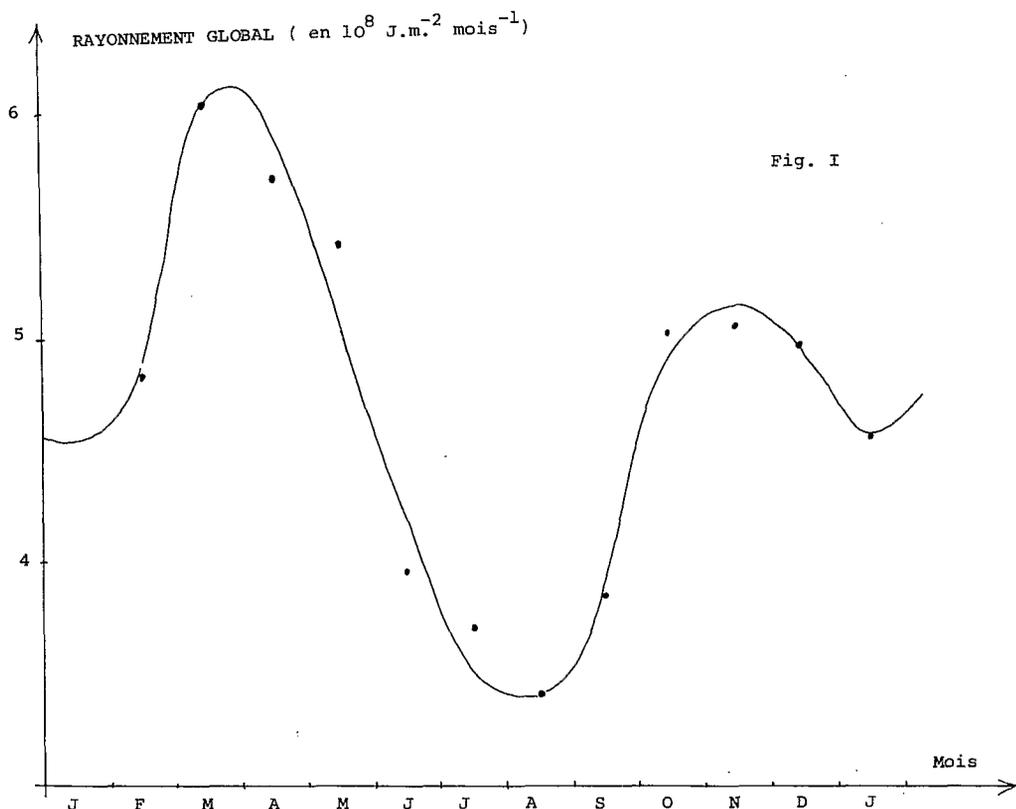
Ces auteurs trouvent une proportion de visible de l'ordre de 73% avec des extrêmes de 68% en janvier (à cause de la brume sèche qui diffuse la quasi totalité du rayonnement solaire direct dont une grande partie se perd ainsi dans les espaces intersidéraux) et de 83% en août (à cause du refroidissement assez sensible des basses couches de l'atmosphère qui diminue la part du proche infra-rouge dans le rayonnement global qui est lui même très faible — essentiellement sous forme de diffus — à cause de l'ennuagement quasi permanent caractéristique de la petite saison sèche).

— Le rayonnement global annuel (R G) est de l'ordre de  $57.10^8$  J.m<sup>-2</sup>.

— Le rayonnement net annuel (R N) est de l'ordre de  $34.10^8$  J.m<sup>-2</sup>.

— La répartition de la pluie au cours de l'année est donnée par la fig. 2.

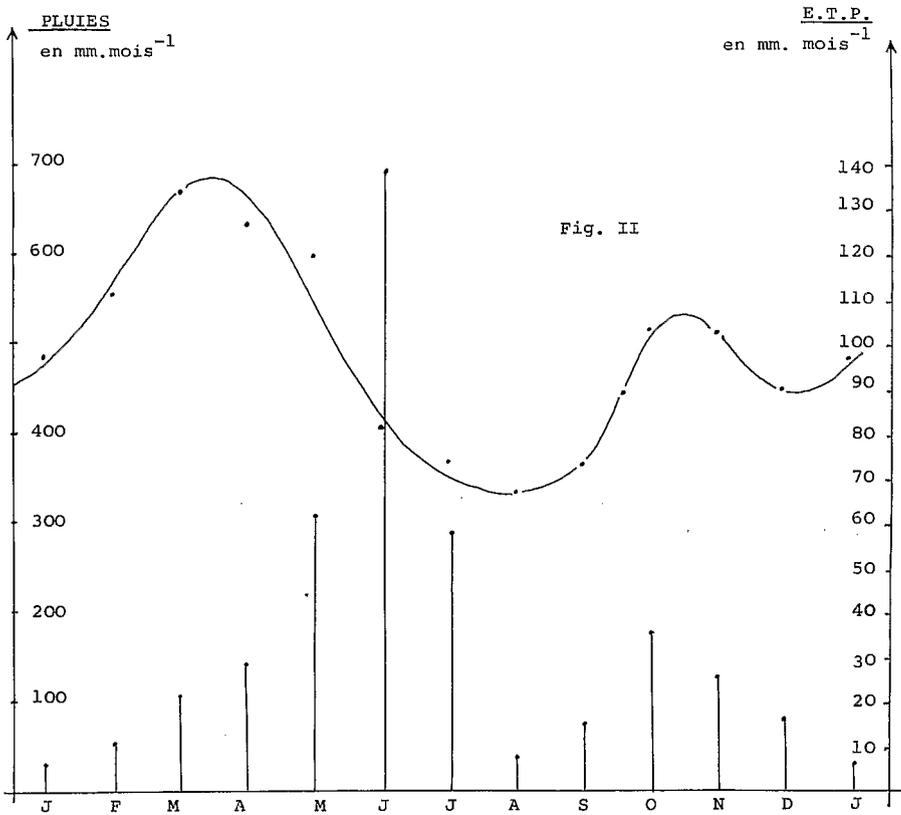
— La répartition de l'évapotranspiration potentielle (ETP) mesurée



avec un évapotranspiromètre enregistreur (ELDIN, 1970) couvert de *Paspalum notatum* est également donnée par la fig. II.

Il faut noter la corrélation très étroite ( $r = 0.97$ ) existant entre l'ETP *Paspalum* et le rayonnement global.

- La température moyenne annuelle est de  $26,2^\circ \text{ C}$ .
- L'amplitude thermique des températures moyennes mensuelles est faible :  $3,3^\circ \text{ C}$ . ( $24,4^\circ \text{ C}$  en août et  $27,7^\circ \text{ C}$  en mars).
- Les températures minimales mensuelles moyennes oscillent entre  $21,2^\circ \text{ C}$  (en août) et  $23,2^\circ \text{ C}$  (en avril).
- Les températures maximales mensuelles moyennes oscillent entre  $27,5^\circ \text{ C}$  (en août) et  $32,3^\circ \text{ C}$  (en mars).



PRODUCTION ET CONSOMMATION EN EAU DE LA CULTURE DANS SON ENSEMBLE

a) *Consommation en eau :*

L'ETM de la culture est calculée par mesure directe au moyen d'évapotranspiromètres à bilan hydrique de 2 m<sup>2</sup> de surface. Elle est en moyenne de 1.300 mm/an.

L'énergie nécessaire pour la vaporisation de ces 1.300 mm d'eau est (à 26° environ).

$$1300 \times 585 = 7,6 \cdot 10^5 \text{ Kcal.m}^{-2}$$

$$\text{soit } 32 \cdot 10^8 \text{ J.m}^{-2}$$

L'énergie utilisée pour l'évapotranspiration représente donc :

$$\frac{E \text{ T M Panicum}}{R \text{ N}} = \frac{32.10^8}{34.10^8} = 94 \% \text{ du rayonnement net}$$

$$\text{et } \frac{E \text{ T M Panicum}}{R \text{ G}} = \frac{32.10^8}{57.10^8} = 56 \% \text{ du rayonnement global}$$

b) *Production de matière sèche.*

La production de matière sèche de la culture de *Panicum maximum* étudiée a été déterminée par trois méthodes :

— A l'échelle de la journée par une méthode gravimétrique portant sur des disques de feuilles (MONTENY, 1971) et par des mesures des gradients de concentration de  $\text{CO}_2$ .

— A l'échelle du cycle de végétation par des fauches, prélèvements d'échantillons et pesées.

En un an, la production de *Panicum maximum* (K 187) a atteint 44.2 tonnes de matière sèche (M.S.) à l'hectare pour un rayonnement global de  $57.10^8 \text{ J.m}^{-2}$ .

Calculons le rendement énergétique de la photosynthèse chez *Panicum maximum*.

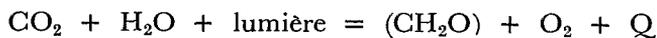
Nous avons admis que l'énergie du visible (0,4-0,7 u) représentait 58% du rayonnement global. D'autre part l'albedo d'une culture de *Panicum maximum* dans le visible est d'environ 0,16. L'énergie visible absorbée est donc :

$$0,84 \times 0,58 \times 57.10^8 = 28.10^8 \text{ J.m}^{-2}$$

$$\text{Il faut donc : } \frac{28.10^8}{442.10^4} = 0,63.10^{12} \text{ J par tonne de M.S. formée}$$

soit :  $0,63.10^6 \text{ J.}$  de visible absorbée par g. de M.S. formée.

L'énergie chimique peut être évaluée à partir de la réaction :



où  $\text{Q} = 4,7 \times 10^5 \text{ J/mole } (\text{CH}_2\text{O})$

La mole de  $\text{CH}_2\text{O}$  pèse 30 g.

En admettant que la matière sèche est constituée uniquement de molécules du type  $(\text{CH}_2\text{O})$ , il y aurait 1/10 de mole  $(\text{H}_2\text{O})$  par g. de M.S. formée. On prend la valeur 1/28, qui est plus exacte (WILSON 1966).

L'énergie chimique contenue dans 44.2 tonnes de M.S. est donc :

$$44.2.10^6.10^{-4} \text{ (g/m}^2 \text{)} \times 1/28 \times 4,7.10^5 = 5,8.10^7 \text{ J.m}^{-2}.$$

Le rendement énergétique est donc:

$$\frac{5,8.10^7}{28.10^8} = 0,21.10^{-1} \neq 2 \%$$

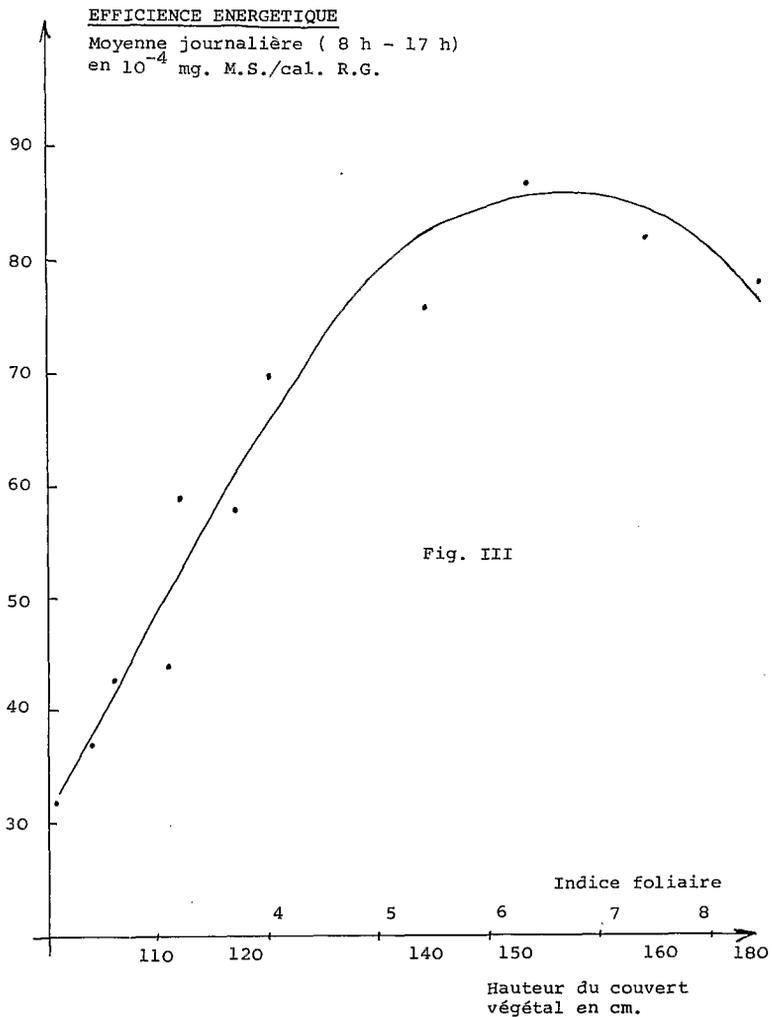
Environ 2% de l'énergie visible absorbée par *Panicum maximum* est convertie en énergie chimique stockée dans les hydrates de carbone formés par la photosynthèse. C'est l'efficacité annuelle (moyenne).

Il est intéressant d'analyser l'évolution de l'efficacité énergétique au cours d'un cycle de croissance.

Voici, sous forme d'un tableau, quelques résultats de production de matière sèche, résultats obtenus par un chercheur de l'équipe, M. MONTENY (1971), par la méthode qui consiste à prélever à l'emporte-pièce, en début et en fin de journée, puis à sécher et à peser un grand nombre de disques foliaires (environ 200) de 2,5 cm<sup>2</sup> de surface dans chacune des strates du couvert (25 cm d'épaisseur) pour déterminer la production de matière sèche de chacune des strates pendant la journée. La production journalière du couvert est obtenue par cumul des produits obtenus en multipliant, pour chaque strate, sa production de matière sèche (M.S.) rapportée à l'unité de surface foliaire par son indice foliaire (I.F.). Au cours de la journée, la migration vers les tiges et les racines des produits photosynthétisés par les feuilles fausse un peu les résultats qui doivent être corrigés de façon un peu approximative à partir des résultats obtenus par analyse des flux de CO<sub>2</sub>. Néanmoins ils donnent des indications très intéressantes sur l'efficacité énergétique du couvert en fonction de son développement foliaire.

Date	Rayonnement global en Cal cm <sup>-2</sup> jour <sup>-1</sup>	Hauteur du couvert en cm	Indice foliaire en m <sup>2</sup> de feuilles par m <sup>2</sup> du sol	Production de MS du couvert de 8 h à 17 h en mg MS/m <sup>2</sup> sol	Efficacité énergétique du couvert en 10 <sup>-4</sup> mg MS par cal de RG reçu
20/1	488	50	2,1	15.800	32
21/1	514	50	2,4	18.900	37
22/1	444	55	2,6	19.200	43
2/2	435	110	3,1	19.200	44
3/2	492	110	3,2	28.800	59
4/2	428	120	3,7	24.700	58
5/2	376	120	4,0	26.400	70
10/2	388	140	5,4	30.500	76
11/2	503	150	6,3	43.800	87
12/2	479	160	7,4	39.300	82

L'efficacité énergétique est définie par le rapport de la production du couvert par  $m^2$  de sol au rayonnement global correspondant. Elle est exprimée ici en mg de matière sèche/ $m^2$  de sol/cal  $cm^{-2}$ , c'est-à-dire en  $10^{-4}$  mg M S/cal de R G reçu, indépendamment de la surface horizontale considérée. Les données de la première et de la dernière colonne de ce tableau nous ont permis de construire la figure III qui illustre l'évolution de l'efficacité énergétique de la culture en fonction de son développement foliaire, au cours de son cycle de végétation.



Il est intéressant de remarquer que l'efficacité énergétique augmente très rapidement et à un taux à peu près constant pendant le début du cycle quand la hauteur de la culture passe de 50 à 130 cm et l'indice foliaire de 2 à 5. Elle continue à augmenter ensuite, mais plus lentement, alors que la hauteur passe de 130 à 150 cm et que la surface foliaire continue à se développer très vite (l'indice foliaire passe de 5 à 6 en 48 heures) Enfin, entre 150 et 180 cm de hauteur (I F passant de 6 à 8), l'efficacité énergétique diminue tout en gardant une valeur élevée.

Au-delà de l'indice foliaire 8, on note une chute très nette de l'efficacité énergétique et un ralentissement de la croissance dûs au vieillissement des premières feuilles formées et au début de l'épiaison.

Par contre la croissance est très rapide au milieu du cycle végétatif puisque le couvert met une dizaine de jours pour passer d'un indice foliaire de 3 à 6, c'est-à-dire pour doubler sa surface foliaire.

Ces résultats permettent de définir un rythme et des hauteurs de fauches conduisant à une bonne utilisation de l'énergie climatique disponible : fauche dès que le *Panicum* atteint entre 160 et 180 cm, hauteur de fauche : 40 cm afin de respecter les méristèmes apicaux des nouvelles talles en formation et autoriser ainsi une reprise rapide, rythme de fauche très rapide toutes les 4 à 5 semaines suivant les saisons (quantité de rayonnement global reçu) et lorsque l'eau ne manque pas (irrigations en saison sèche).

On arrive ainsi à maintenir pendant une grande partie du cycle une efficacité énergétique élevée comprise entre 40 et  $90.10^{-4}$  mg MS par cal de R G reçu.

Le 11 février, avec un R G de  $503 \text{ cal.cm}^2$  ( $2,1.10^7 \text{ J.m}^2$ ), on a obtenu une efficacité énergétique de  $87.10^{-4}$  mg MS  $\text{cal}^{-1}$  qui correspond à une production de 43,8 g de MS par  $\text{m}^2$  de sol (I F = 6,3). Un calcul identique à celui qui a été effectué précédemment montre que cette production journalière correspond à une utilisation de l'ordre de 8% du rayonnement visible absorbé par la culture, soit environ 16% du rayonnement global incident. La raison de cette forte productivité du couvert est due (MONTENY, 1971) :

— A un double système de chloroplastes : petits chloroplastes (3 à 5  $\mu$  de diamètre) dans le mésophylle, qui photosynthétisent des acides en  $\text{C}_4$  (et non pas en  $\text{C}_3$ ). Gros chloroplastes (9 à 11  $\mu$ ) dans l'assise externe de la gaine périvasculaire spécialisés dans la polymérisation des sucres et le stockage de l'amidon.

— A l'absence de photosaturation en conditions naturelles.

— A une valeur très basse (0 à 10 ppm) du point de compensation,

en raison de la présence d'un système d'enzymes permettant de réutiliser en partie le  $\text{CO}_2$  de la respiration pour la photosynthèse.

— Au port érigé du couvert étudié et au fait qu'en Basse Côte d'Ivoire ( $5^\circ$  de latitude nord) le plan de la trajectoire du soleil ne fait jamais un angle très grand ( $< 30^\circ$ ) avec le plan vertical.

Pour ces raisons le rayonnement pénètre en profondeur dans le couvert, évitant une sursaturation énergétique des strates supérieures (qui se traduisait par une transformation de cette énergie excédentaire en chaleur et donc par des pertes plus importantes par évapotranspiration ou convection). De plus, le rayonnement visible atteint les strates moyennes et inférieures du couvert qui participent ainsi à la photosynthèse.

Il s'agit là d'indications encore très qualitatives que nous désirons préciser par une étude de la consommation en eau et de la production à une échelle de temps plus fine (de l'ordre de l'heure).

Notre équipe de recherche n'étant en place que depuis octobre 70, nous n'avons pas encore de résultats publiables concernant cette analyse fine des rendements. Précisons simplement ici que nous nous proposons, au niveau de chaque strate étudiée, de relier entre eux trois groupes de facteurs.

— Des facteurs microclimatiques : densités de flux de rayonnement net, de visible, de chaleur sensible, de vapeur d'eau et de  $\text{CO}_2$ . (Bilan de masse et d'énergie de la strate).

— Des facteurs physiologiques : production de matière sèche et consommation en eau par unité de surface foliaire, ouverture stomatique, perméabilité de la cuticule...

— Des facteurs anatomiques ou morphologiques : Indice foliaire — Propriétés géométriques du couvert (inclinaison, largeur, longueur des feuilles — Nature, forme, densité des stomates...) — Propriétés optiques des feuilles (Transmission pour le visible, émissivité pour l'infrarouge...).

#### SUMMARY

#### BIOCLIMATOLOGY OF A FODDER CROP OF PANICUM MAXIMUM UNDER INTERTROPICAL HUMID CLIMATE

This communication deals with the work of a team of bioclimatologists of the "Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (OR-STOM)" operating in Ivory Coast on the production and the consumption of water in a crop of the grass *Panicum maximum*.

An analysis of the energetic output of the crop allows some conclusions on the cultivation methods to be set in use and on the characters that should be selected in breeding programs in order to achieve an optimal utilization of the water supply and of the energy of climatic origin.

---

FACULTÉ DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DE L'ÉTAT  
GEMBLOUX (BELGIQUE)

# SEMAINE D'ÉTUDE DES PROBLÈMES INTERTROPICAUX

11 - 15 SEPTEMBRE 1972

EL DIN

TIRÉ - À - PART

1973

- 4 JUL. 1973

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

Collection de Références

n°

6206 Agr.