

Etude éco-physiologique de la productivité de quelques graminées fourragères cultivées au Sénégal

I — Influence de certains facteurs du milieu
sur le comportement hydrique
et la croissance

Jacques BOYER* et M. GROUZIS**
Botanistes ORSTOM

* ORSTOM Dakar-Hann, B P 1386, Dakar, Sénégal.

** ORSTOM, B P 182, Ouagadougou, Haute Volta.

RÉSUMÉ

Au Sénégal, l'importance de l'extension qu'il est prévu de donner aux cultures de Graminées à haut rendement fourrager, implique la connaissance des bases éco-physiologiques de l'utilisation de l'eau par ces plantes. Sur trois d'entre elles, prises comme l'exemple, il a été possible de suivre pendant une année complète l'évolution de la transpiration et du potentiel de l'eau dans la vascularisation au cours de quelques journées caractéristiques. L'étude conjointe et simultanée de ces deux importantes composantes reflète bien l'état physique de résistance à la circulation de l'eau dans la plante. Lorsque les débits deviennent faibles, certaines espèces assurent un meilleur transit de l'eau, qui se traduit par une productivité plus élevée en matière sèche des parties aériennes consommables. L'examen des facteurs susceptibles d'influencer ces processus caractéristiques de l'économie d'eau dans la plante doit permettre à la fois de rationaliser et de rentabiliser la pratique de l'irrigation, encore trop vouée à l'empirisme.

MOTS-CLÉS : Evapotranspiration, — Potentiel hydrique des tissus — Mouvements stomatiques — Facteurs climatiques — Eau disponible ou utilisable du sol — Paramètres de croissance — Irrigation — Graminées fourragères — *Andropogon gayanus* — *Chloris gayana* — *Brachiaria brizantha*.

ABSTRACT

The Senegalese authorities are planning an extension of high grass yield Graminacea crops. The magnitude of this extension implies knowledge of the eco-physiological bases of water use by these plants. Three plant types were taken as examples and a one year study was performed to determine the evolution of transpiration and the water potential in the vascularization during several characteristic

days. The simultaneous and coupled study of these two important components satisfactorily reflects the physical state of resistance to water circulation in the plant. When flow-rates decrease, certain species respond by increasing water transit, which is reflected by a higher production of dry matter in the consumable aerial portions. The examination of the factors which may influence the characteristics processes of water economy in the plant will enable us to both rationalize and improve the efficiency of irrigation methods, which are still too empirical in nature.

KEY WORDS : Evapotranspiration — Water potential of tissues — Stomatal movements — Climatic factors — Available or utilizable soil water — Growth parameters — Irrigation — Grassy Graminacea — *Andropogon gayanus* — *Chloris gayana* — *Brachiaria brizantha*.

INTRODUCTION

« La production d'une plante fourragère cultivée est une notion toute relative, car elle varie selon l'adaptation de la plante pour le milieu dans lequel elle est introduite, ainsi qu'avec les soins, plus ou moins adaptés, qui lui sont prodigués ». Cette remarque de Boudet (1975) soulève de façon objective les problèmes liés à la culture fourragère et aux bases agronomiques sur lesquelles elle doit reposer si on veut lui donner un caractère intensif.

Au Sénégal, des recherches éco-physiologiques sont actuellement en cours d'exécution, dont le but est de contribuer à l'amélioration des ressources fourragères qui est l'une des bases du développement de l'élevage

dans ce pays. Elles s'effectuent en collaboration avec le Service d'Agrostologie du Laboratoire National de l'Élevage de Dakar-Hann (LNERV/ISRA) et s'intègrent étroitement aux programmes concernant l'utilisation de l'eau dans les zones propices à une forme quelconque d'élevage.

L'importance de l'extension qu'il est prévu de donner aux cultures de Graminées à haut rendement et à valeur fourragère élevée, demande alors la mise en application de techniques culturales éprouvées, et notamment un système d'approvisionnement en eau rationnel, c'est-à-dire qui soit à la fois économique et suffisant. Dans cette optique, la connaissance des bases éco-physiologiques de l'utilisation de l'eau par la plante se révèle de toute première importance.

Un programme de travail a donc été élaboré dès 1974, de façon à pouvoir mettre en œuvre deux séries d'observations, effectuées simultanément sur des plantes soumises à une alimentation en eau, supposée sub-optimale pendant toute l'année, à savoir :

- L'examen des facteurs prépondérants du cycle climatique annuel qui influencent fortement la consommation en eau par le matériel végétal testé, et la recherche des relations possibles avec les processus de croissance et de production. Cette méthode d'étude, qui n'est pas nouvelle, implique une certaine répétition des observations sur une succession continue de phases climatiques.
- L'étude particulière du comportement hydrique des plantes en observation, et de l'incidence de ces facteurs internes sur le déroulement de la croissance au cours de l'année. Dans ce cas il s'agit de préciser, grâce à des mesures ponctuelles instantanées, les variations de l'état de l'eau dans les tissus de la plante, qui constituent les réponses du végétal aux contraintes exercées par le milieu. On sait en effet l'importance que revêt l'état hydrique interne qui en résulte sur les processus de croissance et de développement (Kramer, 1963 - Gardner, 1973 - Slatyer, 1973).

1. CHOIX DE L'EMPLACEMENT ET DISPOSITIFS D'OBSERVATION

Les travaux sont effectués entièrement à la Station Expérimentale de l'Élevage de Sangalkam, rattachée aux Laboratoires de l'Élevage de Hann (LNERV). Elle est située à la base de la Presqu'île du Cap-Vert, à 40 km environ à l'Est de Dakar. Elle bénéficie donc d'un climat à caractère fortement atlantique, ce qui laisse supposer qu'elle soit, *a priori*, favorable à l'embouche ou à toute forme d'élevage à caractère intensif. La proximité de ces lieux crée également

des conditions matérielles favorables à la présence continue du personnel d'observation.

Depuis juillet 1974, et jusqu'à la fin de l'année 1975, les premières observations ont été effectuées sur des implantations IEMVT et LNERV/ISRA du Service d'Agrostologie. A partir de cette date, elles ont été continuées sur des parcelles indépendantes, implantées en 1975. Le dispositif comprend 28 parcelles d'une surface utile de 32 m² chaque, soit 7 cultivars avec 4 répétitions (Boyer, 1976).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. ÉTUDE DU MILIEU

2.1.1. Mésoclimat

L'étude des *principaux facteurs climatiques* est suivie régulièrement, à l'échelle de la Station, grâce à l'installation d'un poste agro-météorologique depuis mai 1975. L'enregistrement des données s'effectue à deux niveaux : d'une façon continue grâce à l'installation d'un poste agroclimatique situé au sommet de dunes dans un endroit dégagé. Depuis mai 1975, on enregistre : la température et l'humidité relative atmosphériques, la durée d'insolation, la vitesse du vent et le pouvoir évaporant de l'air (Evaporation Piche). L'évaporation d'une surface d'eau libre est appréciée au bac colorado, installé suivant les normes prescrites par le service d'hydrologie de l'ORSTOM. Elle permet de calculer l'ETP suivant une formule préconisée par Riou (1973). Toutes ces mesures sont faites avec un appareillage standard, agréé par la météorologie nationale. Les valeurs journalières du rayonnement global (RG) nous sont communiquées par l'Institut de Physique Henri Masson, installé à Hann. Ces données peuvent donc être transposées à Sangalkam, étant donné la proximité de ces lieux.

2.1.2. Microclimat

Parallèlement, des mesures micro-climatiques sont effectuées sur champ à l'échelle de la journée, simultanément avec celles du comportement hydrique des espèces étudiées. Au cours de ces journées particulières de mesures continues, les valeurs instantanées de la température, de l'humidité relative de l'air, de la vitesse du vent et de l'évaporation sont mesurées à l'aide d'un appareillage standard (Crouzis, 1976).

2.1.3. Facteurs édaphiques

Les caractères physiques des sols liés à la rétention en eau (capacité au champ, point de fanaison perma-

nente, marge d'eau utilisable par la plante) et les variations de la réserve d'eau accessible aux plantes sont déterminées dans la zone radiculaire par la méthode gravimétrique, pour apprécier les quantités consommées au cours d'une période déterminée.

2.2. MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le choix du matériel végétal d'observation a été effectué en tenant compte des travaux antérieurs existant déjà (Borget, 1969 - Cadot *et al.*, 1965/71 - Whyte *et al.*, 1959 - Toutain, 1973 - Boudet, 1975), et après des observations faites sur une collection remise en état au début de l'année 1974. Elles ont abouti à retenir 6 espèces et 7 variétés :

- *Panicum maximum* Jacq. (K. 187 b).
- *Panicum maximum* Jacq. (5 601).
- *Pennisetum purpureum* Schumach. (Kizozzi).
- *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf.
- *Brachiaria mutica* (Forsk) Stapf.
- *Chloris gayana* Kunth.
- *Andropogon gayanus* Kunth.

Les *Panicum maximum* Jacq. (herbe de Guinée) sont, d'après Toutain (1973) originaire des savanes humides d'Afrique tropicale, recevant 1 000 à 1 800 mm d'eau par an, à condition que la saison sèche soit d'une durée inférieure à 4 mois. Le K. 187 b est originaire de Korogwe en Tanzanie (Pernès, 1972 (*)). Ce clone provient du centre ORSTOM d'Adiopodoumé (Sud de la Côte d'Ivoire), situé en zone tropicale humide, où les moyennes thermiques restent élevées et la pluviométrie annuelle voisine de 2 000 mm.

Le 5 601, qui vient de la station IEMVT de Minankro-Bouaké (1 400 à 1 500 mm d'eau/an), a pour origine le Centre de Sotuba, proche de Bamako (Mali), zone où les moyennes thermiques peuvent être très élevées et la pluviométrie annuelle de 1 100 mm environ.

L'*Andropogon gayanus*, largement répandu dans toutes les savanes africaines, de la Mauritanie à l'Afrique du Sud, vient également de Bouaké-Minankro (Côte d'Ivoire). De même pour le *Brachiaria mutica*, plante originaire de la cuvette congolaise, et vraisemblablement introduite en Côte d'Ivoire par Botton. Elle pousse également dans toute l'Amérique tropicale, d'où son appellation « d'herbe de Para ».

Brachiaria brizantha et *Pennisetum purpureum* (Kizozzi) proviennent de la Station IEMVT de Kianjasoa, située à 1 000 m d'altitude dans la partie Ouest des plateaux de Madagascar. C'est, d'après Cornet (1974)

(*) Thèse de Doct. ès Sc. ORSAY (Paris), *Mém. ORSTOM* n° 75.

un climat tropical d'altitude sub-humide avec une pluviométrie annuelle de 1 600 mm environ et des moyennes thermiques variant entre 18° 5 et 23° 6 C (10° 8 et 28° 3 C pour les extrêmes). Comme à Sangalkam, les périodes pluvieuses correspondent aux mois les plus chauds. D'après Toutain (1973), ces deux plantes fourragères croissent dans toutes les zones tropicales recevant plus de 750 mm d'eau/an. Toutes deux peuvent montrer une bonne résistance à la sécheresse.

Chloris gayana est originaire de l'Afrique Orientale et Méridionale dans des zones recevant 750 à 1 300 mm d'eau/an. Elle peut croître en altitude et résister aux basses températures. Elle a été introduite un peu partout dans le Monde. Celui que nous avons planté est originaire du Queensland (Australie).

Il nous a donc semblé intéressant de caractériser le régime hydrique de certaines d'entre elles, en tant que réaction aux contraintes exercées par le milieu. Parmi les sept espèces étudiées, trois ont été retenues à cet effet. Il s'agit de : *Brachiaria brizantha*, *Andropogon gayanus* et *Chloris gayana*. Ce choix a été dicté par les caractéristiques écologiques et l'origine géographique de ces espèces, qui possèdent des souches aux potentialités intéressantes pour certaines conditions de milieu.

2.3. CROISSANCE DES PARTIES AÉRIENNES

Les diverses étapes de la *croissance végétative* au cours d'un cycle d'exploitation ont été caractérisées par l'établissement de *rapports de croissance*, paramètres qui expriment les relations quantitatives existant entre les poids de matière sèche des parties aériennes de la plante (tiges, feuilles) les surfaces foliaires développées et la surface couverte du sol.

A partir de ces données, on établit alors une série de rapports ou *paramètres de croissance* :

- poids sec des feuilles/poids sec des tiges de la partie fauchée;
- poids sec des feuilles/surfaces simples développées (masses surfaciques);
- surface simple totale du feuillage développée par unité de surface horizontale de terrain (indice de surface foliaire ou « leaf area index » = LAI).

Le premier rapport est très utile pour déterminer les moments d'exploitation et les stades les plus favorables à la consommation par le bétail. Les masses surfaciques et le LAI sont deux modes d'expression très utilisés pour exprimer les « rendements photosynthétiques » d'une culture (Baldy, 1973), eux-mêmes liés à l'activité physiologique de la plante.

2.4. RÉGIME HYDRIQUE

Les méthodes d'étude du régime hydrique et de l'économie d'eau dans la plante ont déjà été exposées (Grouzis, 1976). Rappelons simplement que la transpiration a été suivie par la méthode dite « du rameau coupé », le potentiel hydrique interne a été évalué par la méthode de la chambre de pression de Scholander *et al.*, (1965). Elle donne des mesures instantanées du potentiel de l'eau dans la vascularisation et peut être avantageusement comparée à d'autres techniques d'estimation de l'état hydrique interne des tissus végétaux (Boyer, 1967 - Duniway, 1971). En outre elle peut être rapidement et commodément utilisée sur le terrain.



PHOTOGRAPHIE 1

Mesure de la transpiration par pesée instantanées à la balance de torsion.

2.5. ÂGE DES PLANTES

Les observations ont été effectuées sur les plantes âgées de 4 à 6 semaines, ce qui correspond chronologiquement à un stade supposé favorable à l'exploitation (teneurs en matière sèche et en azote jugées suffisantes). Il ne s'agit pas là d'un âge physiologique car la durée des cycles d'exploitation varie avec la saison. Pour être comparables tout au long de l'année, les chiffres obtenus doivent se rapporter à des échantillons ayant atteint des stades végétatifs physiologiquement aussi voisins que possible. A cet effet, des études préliminaires des divers stades de croissance des feuilles nous ont permis, en suivant l'évolution de certains paramètres, d'apporter plus de précision dans le choix des échantillons utilisés pour nos mesures (Boyer, 1976).

3. RÉSULTATS

On connaît l'influence prépondérante des facteurs climatiques atmosphériques sur le cycle de végétation des plantes. En milieu intertropical, ceux-ci se manifestent principalement par l'action de la pluviosité et de la température. Mais dans cette zone océanique que constitue la presqu'île du Cap-Vert « l'élément dominant et déterminant du climat est l'alizé maritime issu de l'anticyclone des Açores », (F. Brigaud, 1965). L'influence du vent est donc très grande, comme sur toute la région côtière de la zone appelée « subcanarienne » par ce même auteur.

3.1. LES FACTEURS DU MILIEU

3.1.1. Le régime des vents

Le régime des vents, facteur essentiel de ce type de climat, est représenté par la fig. 1, où l'on a porté les distances parcourues par les masses d'air au cours de chaque décade, enregistrées à l'anémomètre totalisateur. Leur effet sur les températures et l'humidité atmosphériques est schématisé par les diagrammes de la fig. 2. Leur examen montre que l'on peut distinguer quatre périodes principales au cours de l'année :

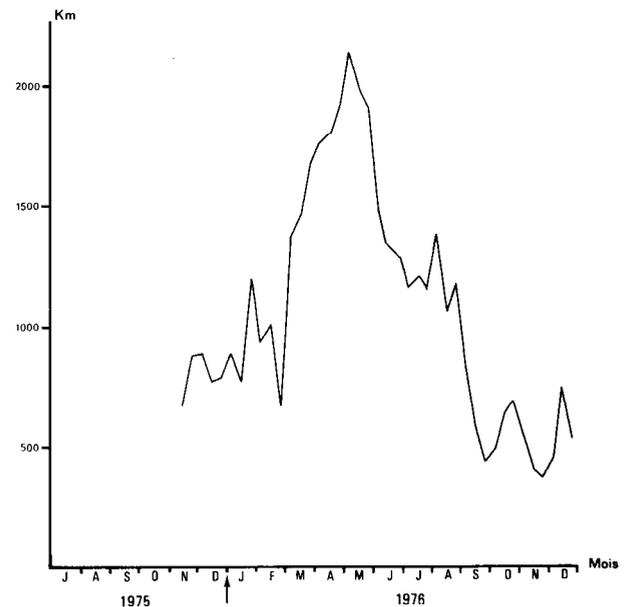
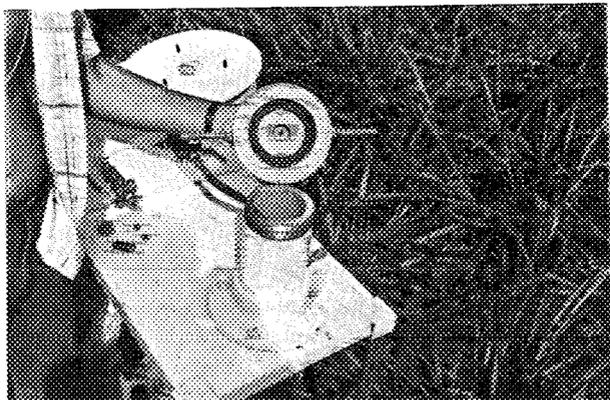


Fig. 1. — Variations saisonnières des distances parcourues par le vent (valeurs cumulées en km par décade).



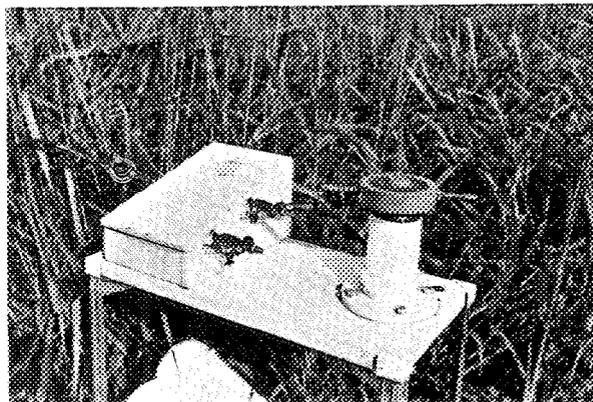
2



4



3



5

PHOTOGRAPHIES 2 à 5

Différentes phases de la mesure du potentiel hydrique interne à l'aide d'une chambre de pression.

a. De décembre à début mars, première partie de la saison sèche : l'alizé boréal est continental, c'est-à-dire de secteur NE. Mais il est fréquemment dévié dans un secteur N.NE à NW par l'effet des brises nocturnes et de celles venant de la mer. Les vitesses sont modérées (fig. 1), mais leur effet est grand sur les températures atmosphériques les plus élevées; les moyennes diurnes arrivent également à leurs valeurs minimales.

b. De mars à juin : l'alizé devient maritime, de secteur N-NW, avec une accélération de la vitesse des vents, en général maximale en avril-mai (fig 1). Ceci provoque une forte remontée de l'humidité atmosphérique aussi bien de jour que de nuit (fig. 2). Par contre les températures restent basses, en particulier

les maxima et les moyennes diurnes. L'effet principal est la remontée des minima et la forte diminution de l'amplitude thermique et des écarts jour-nuit.

c. De fin juin à début octobre : l'installation de la période pluvieuse dite « d'hivernage » se traduit par la substitution d'une partie de l'alizé maritime NW par la mousson W et une chute de vitesses. On assiste alors à une forte remontée thermique et l'air se charge d'humidité (fig. 2).

d. La dernière période va d'octobre à début décembre : c'est une intersaison qui annonce la période sèche avec installation progressive des alizés qui passent petit à petit à une dominance continentale (NE).

L'influence du régime des vents se manifeste donc doublement : ses changements de direction apportent d'importantes modifications des valeurs du déficit de saturation de l'air, et cela d'autant plus qu'aucun écran efficace ne s'oppose à son action (brise-vents). Lorsqu'il conserve la même origine, mais à plus petite échelle, sa vitesse modifie l'épaisseur de la couche limite laminaire des feuilles, donc sa résistance à la diffusion des gaz (De Parcevaux, 1964).

3.1.2. Rayonnement solaire

L'étude de la répartition du rayonnement solaire montre que les deux composantes étudiées restent élevées pendant la plus grande partie de l'année :

— La durée d'insolation est le plus souvent comprise entre 8 et 10 heures par jour pendant les 8 mois de saison sèche (novembre à juin). Pendant la période pluvieuse (juillet à octobre), elle s'abaisse légèrement, les moyennes décadaires étant alors comprises entre 6 et 8 heures par jour. Ce n'est que tout à fait exceptionnellement qu'elles s'abaissent au-dessous de 6 heures par jour.

— Le rayonnement calorifique global (RC) montre également des moyennes élevées : 400 à 650 cal.g. cm⁻² par jour en période sèche, 350 à 500 en hivernage.

Pour ces deux composantes, les maxima s'observent généralement en avril-mai, les minima en septembre; mais même dans ce dernier cas, ils n'atteignent jamais des valeurs limitantes pour la photosynthèse.

3.1.3. Bilan hydrique saisonnier

Le régime de précipitation est, avec la température, l'un des facteurs climatiques prépondérants de la vie des plantes. La fig. 3 schématise les données recueillies au cours de deux saisons des pluies consécutives, et démontre nettement les très grandes variations que peuvent subir les valeurs d'une année à l'autre. Mais même dans le cas où les quantités

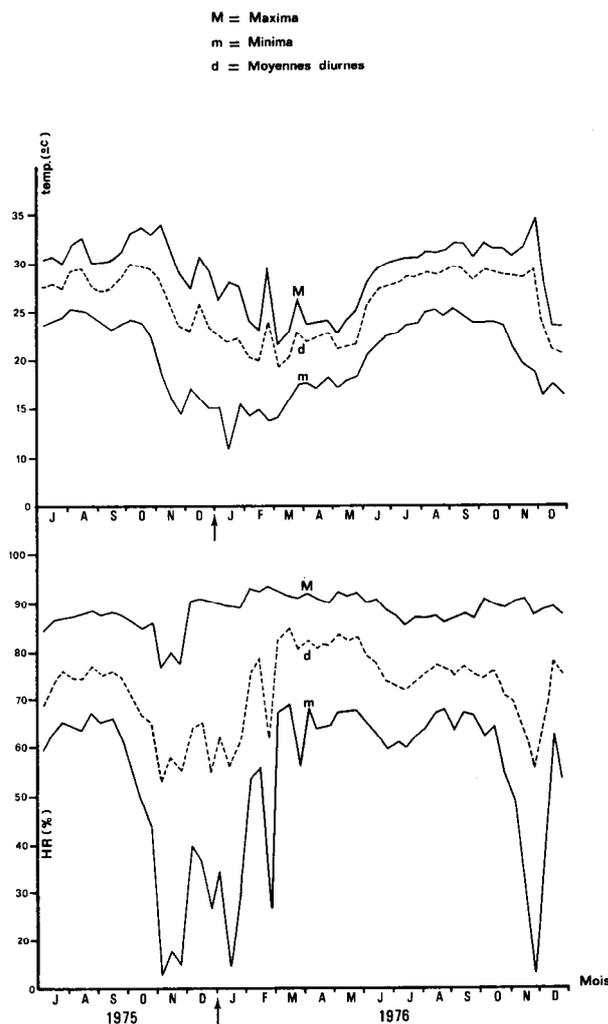


Fig. 2. — Moyennes décadaires des températures et de l'humidité relative (HR) atmosphériques.

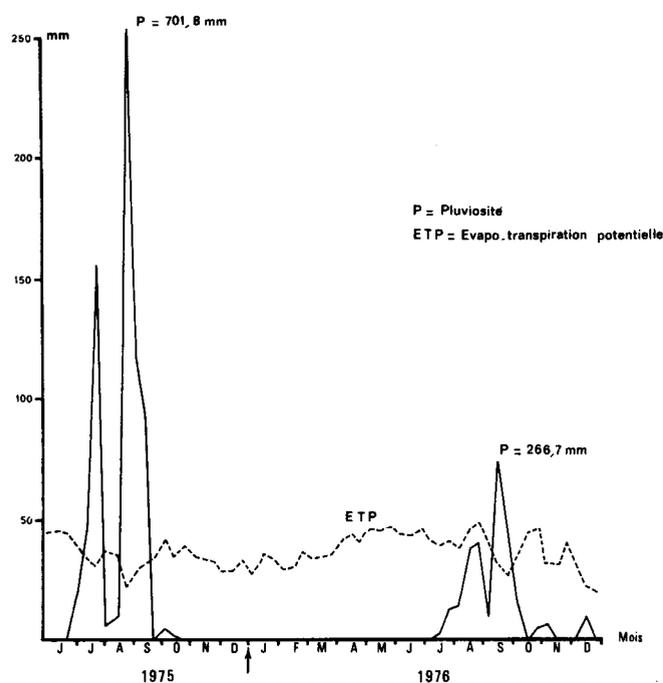


Fig. 3. — Diagramme du bilan hydrique saisonnier (valeurs décadaires).

tombées sont supérieures aux moyennes admises (1975), leur répartition montre un net groupement pendant une période très courte. On voit par exemple pour 1975 que 90 % environ des eaux météoriques se répartissent sur 2 mois, du 21 juillet au 20 septembre. Dans ces conditions, le *bilan hydrique annuel* est très déficitaire, comme le montre la fig. 3. La courbe d'ETP, obtenue par calculs à partir des données du bac d'eau libre (Riou, 1973) montre que le total annuel

est voisin de 1 300 mm, quantité d'eau correspondant en moyenne aux besoins des espèces cultivées qui proviennent des régions humides du domaine guinéen ou assimilé (Boudet, 1975). La nécessité d'un *apport d'eau par irrigation* se fait donc sentir pendant toutes les périodes de l'année où la plante n'a pas à sa disposition une moyenne journalière de 3,5 mm d'eau (cette quantité peut varier entre 2,5 et 4,5 mm suivant les conditions saisonnières). Dans ces conditions, le simple calcul montre qu'une irrigation hebdomadaire de 25 à 35 mm d'eau, suivant les conditions saisonnières, assure aux espèces cultivées l'eau disponible pour une croissance théoriquement optimale.

3.1.4. Les facteurs édaphiques

La qualité physique des sols détermine leur rétention en eau et la marge utilisable par la plante. A Sangalkam on rencontre tous les types de sols propres à cette zone, en contact avec la bande côtière dite « des Niayes », depuis les sables dunaires jusqu'aux sols argilo-sableux des cuvettes et bas-fonds. Dans les 4 types de sols que nous avons distingués, en fonction de leur fonction de leur topographie, on peut voir combien peut varier la marge d'eau disponible utilisable par la plante (tabl. I). Celle-ci exprime la quantité d'eau comprise entre les pF 2,5 et 4,2. Les déterminations ont été effectuées à la presse à membrane, par le Laboratoire d'analyse des sols du Centre ORSTOM de Hann. Les chiffres sont exprimés en mm d'eau, en utilisant une formule classique, dans laquelle la densité apparente du sol $\sigma = 1,5$:

$$q \text{ (mm)} = \frac{\sigma h}{10} (H_0 - H_1)$$

où h est l'épaisseur de la tranche de sol en cm, H_0 et H_1 l'humidité du sol à un moment donné et au

TABLEAU I
MARGE D'EAU DISPONIBLE OU UTILISABLE PAR LA PLANTE EXPRIMÉE EN mm D'EAU.

Site profondeur (cm)	Sommet de dunes (a)	Milieu de pente (b)	Bas de pente (c)	Bas-fond (d)
0 - 10	3,0	6,9	11,1	14,2
10 - 30	6,3	14,1	21,6	30,2
30 - 50	4,5	11,4	27,0	33,9
Total 1	13,8	32,4	59,7	78,1
50 - 70	5,1	10,8	31,5	39,3
70 - 100	6,3	22,5	50,8	61,2
Total 2	11,4	33,3	82,3	100,5
Total profil (1 + 2)	25,2	65,7	142,0	178,6

point de flétrissement permanent, exprimée en % par rapport au poids de terre sèche (Hallaire, 1956).

L'étude expérimentale des quantités d'eau consommées a été effectuée par mesure de la répartition spatiale de l'eau apportée par aspersion, et par détermination périodiques de l'humidité du sol sur des échantillons prélevés par carottages.

Une étude détaillée des résultats obtenus a été exposée antérieurement (Boyer, 1976). Tous les résultats ont montré, au cours des trois séries différentes effectuées de décembre 1974 à avril 1975, que la consommation moyenne en eau des cultures variait entre 2,8 et 3,5 mm par jour.

D'autres sondages, effectués de fin août à début septembre 1976, ont montré un chiffre sensiblement plus élevé : 3,6 à 4,4 mm par jour. Ces données s'accordent bien avec les valeurs calculées, représentées sur le diagramme des ETP de la fig. 3. On peut constater que les valeurs obtenues, comprises entre 2,5 et 4,5 mm par jour sont confirmées par cette méthode. Pendant une grande partie de l'année, la valeur de 3,5 mm par jour reste la moyenne la plus valable sur laquelle on peut se baser pour régler les quantités d'eau à apporter. Il correspond bien, d'autre part, à l'ETP annuelle évaluée à 1 300 mm environ.

3.2. CROISSANCE ET PRODUCTIVITÉ SAISONNIÈRES

Le but de la culture fourragère est d'obtenir les meilleurs rendements possibles grâce à des systèmes d'exploitation susceptibles de leur faire exprimer toutes ses potentialités. Ceux-ci doivent donc à la fois tenir compte des rythmes imposés par la physiologie de la plante et de ceux favorables à une meilleure production de matière sèche (Boudet, 1975). La connaissance des étapes physiologiques qui caractérisent le développement

demande des études approfondies qui dépassent le cadre de ces recherches. En général, l'Agronome se contente d'utiliser les techniques biométriques d'analyse de croissance, et dont on trouvera l'exposé dans des ouvrages généraux, parmi lesquels on peut citer Watson, (1952), Milthorpe, (1956) et Evans, (1972). Les diverses étapes apparentes de la croissance des parties aériennes sont exprimées dans le temps par l'augmentation des poids de matière sèche et l'accroissement des surfaces assimilatrices.

3.2.1. Paramètres de croissance

L'étude de l'évolution chronologique de la valeur de ces paramètres a été effectuée au cours de trois cycles d'exploitation, choisis à trois périodes différentes de l'année : pendant l'hivernage (c), en période froide de la saison sèche (a) et en intersaison (d). La durée moyenne de chacun de ces cycles a été respectivement de 7,13 et 9 semaines. Les résultats obtenus sont schématisés par les graphiques de la fig. 4.

Dans tous les cas, la rupture de pente s'établit en général dans la 5^e semaine qui suit la dernière coupe. Après 5 semaines, la valeur de ces rapports évolue plus lentement et la courbe prend la forme d'un palier à faible pente. Ce point d'inflexion a certainement une signification physiologique, la plante ayant vraisemblablement atteint un stade de maturité favorable à l'exploitation. Avant cette date la plante est en pleine période d'élaboration de matière sèche, comme le montre la nette élévation des valeurs des masses surfaciques. Au-delà, il est probable que l'enrichissement en matière sèche soit surtout dû à la croissance et à la lignification des tiges, ce qui augmente le refus à la consommation. Ces résultats justifient également notre choix de plantes âgées de 4 à 6 semaines pour caractériser leur régime hydrique. En prenant des

TABLEAU II
VALEUR DE L'INDICE DE SURFACE FOLIAIRE AU COURS DE DIVERS CYCLES DE CROISSANCE (LAI).
CHIFFRES EXPRIMÉS EN m² DE FEUILLES (SURFACE SIMPLE) PAR m² DE SURFACE HORIZONTALE DE TERRAIN.

Temps de croissance (jours)	<i>Brachiaria</i>			<i>Andropogon</i>			<i>Chloris</i>		
	c	a	d	c	a	d	c	a	d
8 - 10	3,07	2,50	2,62	2,85	0,31	1,20	1,98	0,69	0,93
15 - 20	5,36	3,02	4,03	4,93	1,34	3,44	4,02	1,10	2,05
28 - 35	7,38	3,48	4,62	7,68	1,75	4,75	6,11	1,27	3,11
45 - 50	7,53	3,80	5,28	7,80	1,87	5,03	6,28	1,35	3,37
55 - 65		3,98	5,35		1,90	5,07		1,46	3,46
85 - 95		4,10			1,92			1,50	

c = hivernage, a période froide et sèche, d = intersaison

feuilles basales, on diminue donc les risques d'hétérogénéité des échantillons, le but étant d'effectuer ces observations sur un matériel physiologiquement aussi homogène que possible.

L'évolution de la valeur des LAI en fonction du temps montre également un palier entre 4 et 6 semaines après la dernière coupe, comme on peut le voir sur le tableau II.

Au-delà de 6 semaines la surface foliaire développée par unité de surface de sol augmente assez peu, ce qui indique bien que l'élévation du poids de matière sèche est surtout due à la croissance et à la lignification des tiges.

3.2.2. Productivité saisonnière

Les études précédentes ont permis de guider le choix d'un rythme saisonnier d'exploitation. Cette dernière a commencé en décembre 1975, après la première coupe qui a suivi la mise en place, en septembre 1975. Les graphiques de la fig. 5 représentent les résultats obtenus au cours de huit cycles d'exploitation, échelonnés du 11/12/75 au 14/1/77. Au cours de cette période, les apports d'eau sous forme d'arrosage ont été de 30 mm par semaine, en moyenne, sauf au cours des cycles 1 et 8. Dans le premier (12/12/75 - 18/3/76), les arrosages ont été interrompus pendant 2 périodes

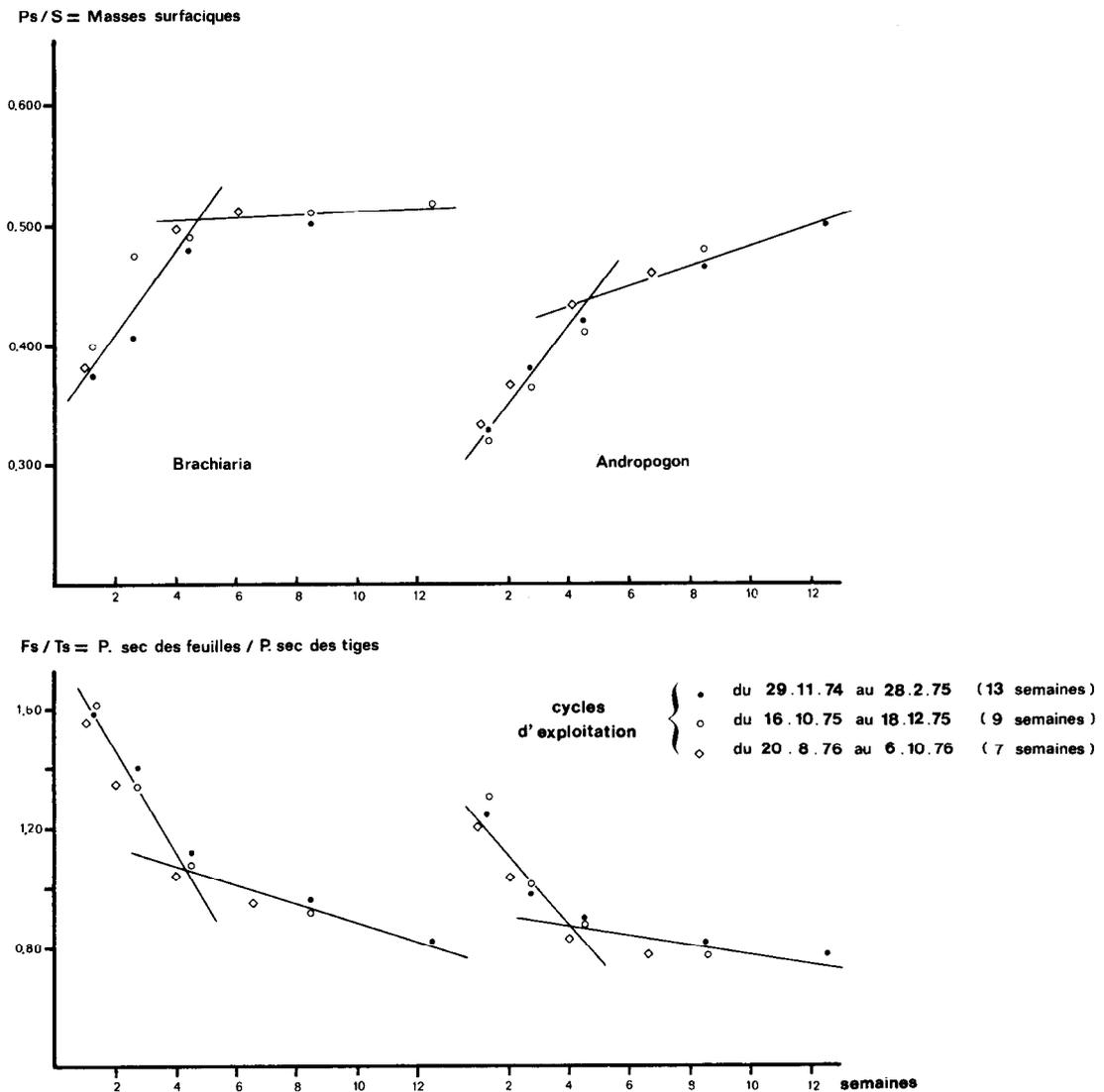


Fig. 4. — Evolution de la valeur de certains rapports de croissance au cours de l'âge chronologique de deux Graminées fourragères cultivées.

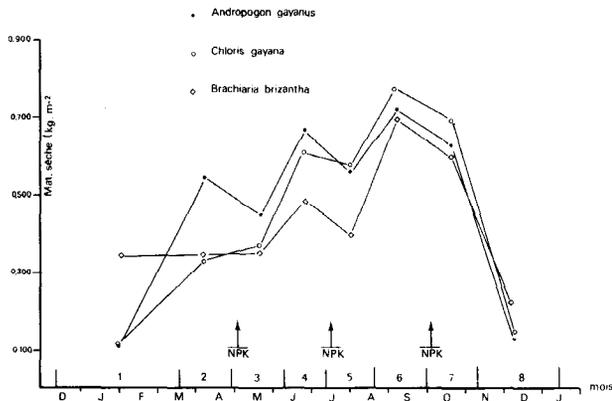


Fig. 5. — Evolution saisonnière de la production en matière sèche des parties aériennes fauchées chez trois Graminées fourragères cultivées à Sangalkam.

de 3 semaines chacune (24/2 au 14/3 et 23/3 au 16/4). Dans le dernier (12/11 au 14/1/77), deux arrosages de 30 mm seulement ont été effectués en novembre.

La fumure minérale, appliquée en trois fois (v. fig. 5), correspond à un apport annuel de 450 kg d'azote, 150 kg d'acide phosphorique et 450 kg de potasse, doses qui paraissent suffisantes pour assurer des productions de matière sèche de 30 à 35 t/ha/an, si l'on se réfère aux chiffres admis par certains auteurs (Dumas *et al.*, 1973 - Boudet, 1975). L'examen de la fig. 5 montre chez les Graminées étudiées, que la productivité, exprimée en poids de matière sèche produite par unité de surface de sol, obéit à un rythme saisonnier très net. On peut donc supposer, *a priori*, qu'elle est sous la dépendance des facteurs climatiques de l'environnement. Il apparaît en effet que la croissance chute très nettement pendant la période qui correspond aux plus basses moyennes thermiques (décembre à mars). Par contre, elle devient maximale pendant l'hivernage, saison pluvieuse au cours de laquelle sont enregistrées les moyennes thermiques les plus élevées (fig. 2). L'examen des graphiques de la fig. 5 montre quelques anomalies qui se traduisent par l'irrégularité de leur forme. La succession de « dents de scie » est due à des causes accidentelles : une première chute de productivité, enregistrée au cours du cycle 3 (fin avril - début juin), est le résultat de déprédations causées par du bétail errant, et dont il est souvent difficile de se préserver. La seconde, (cycle 5) est due à une attaque de sauterelles, qui se produit souvent au début de la saison chaude et humide (juillet). La très basse productivité du cycle 8 (novembre/janvier) est également anormale, bien que cette époque se caractérise toujours par une chute

très nette de la croissance. Pendant toute la durée de ce cycle de 9 semaines, les parcelles n'ont reçu que deux arrosages de 25 à 30 mm en novembre, par suite d'un arrêt accidentel des dispositifs d'irrigation. Cet effet du manque d'eau est donc purement accidentel.

Théoriquement, la courbe annuelle des productivités en fourrage doit affecter une forme classique « en cloche », avec un palier plus ou moins net et plus ou moins important pendant la période d'hivernage, au cours de laquelle les conditions hydriques et thermiques sont considérées comme optimales pour la croissance. On sait d'autres parts combien la productivité peut varier, en fonction du mode d'exploitation adopté. Si l'on veut par conséquent rentabiliser au maximum les apports d'eau, c'est-à-dire se rapprocher du potentiel maximum de croissance, on doit respecter certaines conditions, et notamment : apporter une fumure minérale suffisante, éliminer les adventives concurrentielles et les prédateurs, et adopter un rythme de coupe et à une hauteur suffisante du sol pour favoriser une bonne repousse. Partant de ces bases, on peut alors examiner l'influence prépondérante de l'alimentation en eau, et de certaines composantes essentielles du climat.

On sait néanmoins que la détermination du rythme annuel de croissance et développement réside dans le déclenchement de phénomènes internes, qui s'intercalent entre l'action primaire exercée par le milieu et la réponse ultime de la plante. Ces mécanismes intrinsèques restent souvent obscurs, ce qui fait que les soins apportés à ces cultures relèvent presque toujours du domaine de l'empirisme, et sont donc par conséquent plus ou moins adaptés à une production intensive. L'action des composantes essentielles du climat détermine donc vraisemblablement l'utilisation de l'eau par la plante, particulièrement dans le cas où celle-ci n'en manque pas. L'examen de l'état hydrique interne du végétal qui en résulte a donc fait l'objet d'une spéciale, puisqu'il constitue la réponse intégrée aux facteurs du milieu.

3.3. RÉCIME HYDRIQUE ET ÉCONOMIE D'EAU DANS LA PLANTE

Il est bien connu que l'état hydrique interne qui contrôle la croissance chez une plante est déterminé par le taux relatif des pertes et des entrées d'eau. Ce bilan est étroitement lié aux conditions du milieu, aux composantes du climat en particulier. Mais il dépend également de facteurs intrinsèques propres au végétal, et qui déterminent ses réactions aux contraintes exercées par l'environnement, par le jeu combiné des processus d'entrée et de sortie d'eau. C'est pourquoi la mesure de la *transpiration* et du *déficit hydrique interne* sont deux expressions très

utilisées pour traduire quantitativement les fluctuations entre l'offre et la demande, qui contrôle l'activité assimilatrice de la plante. De nombreux auteurs ont examiné ce problème de l'expression de l'état hydrique du végétal dont dépend sa croissance. Ils s'accordent pour admettre que « la meilleure manière d'évaluer le déficit hydrique d'une plante est de mesurer son *potentiel hydrique*, car il apparaît être le plus étroitement lié aux processus physiologiques et biochimiques qui contrôlent la croissance » (Kramer, 1969).

La transpiration

Les résultats relatifs à l'étude des variations journalières de la transpiration sont représentés sur les graphiques des fig. 6 à 13. Ces journées ont été choisies comme étant particulièrement caractéristiques, et aussi différentes que possibles quant aux conditions microclimatiques. L'évolution journalière de la transpiration (T) est comparable pour les 3 espèces. Bien qu'on ne puisse pas parler de véritable parallélisme entre T et E, il existe néanmoins une certaine liaison entre les valeurs de T et celles de E. Ainsi, il est difficile de noter l'existence d'une régulation stomatique dans les courbes de T, car il n'y a pas de véritable dépression de la mi-journée. On ne peut également relever nettement l'existence des maxima de la matinée et de l'après-midi, qui caractérisent généralement le rythme diurne de l'ouverture des stomates (Lemée, 1956), ou autres mouvements qui constituent l'une des réponses de la plante aux contraintes exercées par les facteurs atmosphériques, quand l'alimentation en eau du sol ne constitue pas le facteur limitant.

Si l'on examine les valeurs des taux de transpiration, on s'aperçoit qu'elles peuvent être très variables d'une journée à l'autre, montrant ainsi leur étroite relation avec les facteurs microclimatiques (fig. 6 et 7). Des séries de mesures, effectuées à 6 jours d'intervalle (les 28/2 et 5/3/76) offrent de nettes différences : les valeurs de T sont deux fois plus élevées le 28/2, pour chaque espèce, que le 5/3. La première journée se caractérise par une forte augmentation des températures atmosphériques, qui s'accompagne corrélativement d'une nette chute des valeurs de l'humidité relative de l'air, et des valeurs élevées de la demande évaporative (évaporation physique E). L'influence du régime des vents est déterminante. Le 28/2 ils sont chauds et secs, venant d'un secteur continental NE. Pendant la seconde journée (5/3) par contre, ils deviennent maritimes, c'est-à-dire frais et humides car soufflant dans un secteur N-NW. Ceci a pour conséquence une chute des valeurs de la température et une élévation de l'humidité atmosphérique, avec une diminution cor-

relative des valeurs de E. Les deux journées du 28/11 et 15/12/76 confirment cet effet prépondérant : cours de la première journée (fig. 12), les vents de secteur NE dominant jusqu'au début de l'après-midi. A partir de 14 heures, ils cèdent la place aux alizés maritimes N-NW, ce qui a pour conséquence une chute des températures et une remontée de l'humidité relative atmosphériques. Cet effet se traduit par un abaissement des valeurs de E, et on peut constater une diminution corrélative des valeurs de T chez les 3 espèces, qui est beaucoup plus nette que celle qui se produit normalement dans la seconde moitié de l'après-midi. Pendant la journée du 15/12 (fig. 13), où les alizés N-NW dominant, les valeurs de T et E restent relativement basses.

L'importance de l'action des vents dans cette zone est donc confirmée. Mais elle se manifeste de façon différente suivant la saison. Au cours des périodes a et d, c'est-à-dire de la mi-octobre à début mars, c'est surtout les modifications de la composition des masses d'air, consécutives aux changements de direction, qui ont la plus grande influence. Dans ce cas, les valeurs du déficit de saturation et des températures atmosphériques qui les commandent en partie, semblent prépondérantes, comme le montrent les exemples donnés plus haut (fig. 6 et 7, fig. 12 et 13). Pendant le reste de l'année, où dominent les alizés maritimes N-NW (mars à juin), puis la mousson (hivernage), l'action de la vitesse du vent prend plus d'importance, puisque la valeur des déficits de saturation atmosphériques restent faibles la plupart du temps.

Pendant les périodes qui se caractérisent par une nette remontée thermique et une forte humidité atmosphérique pendant toute la journée, les valeurs de E restent relativement basses (fig. 8 à 10).

Par contre les taux de transpiration (T) sont proportionnellement plus élevés, comme le montrent les valeurs recueillies au cours de ces 3 journées (8/7, 20/10 et 3/11/76). Ceci suggère donc un certain parallélisme entre l'évolution journalière des valeurs de la transpiration et celles des températures atmosphériques. On constate en effet depuis longtemps l'influence très nette de cette importante composante climatique sur les taux de transpiration cuticulaire et stomatique, problèmes qui ont été étudiés par de nombreux auteurs, parmi lesquels : Lemée (1956), Stalfelt (1956/1962), Meidner et Heath (1959), Holmgren et Jarvis (1965). Lorsque l'alimentation en eau du sol ne constitue pas le facteur limitant, l'élévation des températures atmosphériques entre certaines limites (en général de 10 à 30 °C, mais ces chiffres peuvent varier quand il s'agit de plantes tropicales) diminue la résistance cuticulaire et stomatique au transfert de vapeur d'eau. Pendant la période d'hivernage, chaude et humide, il est pro-

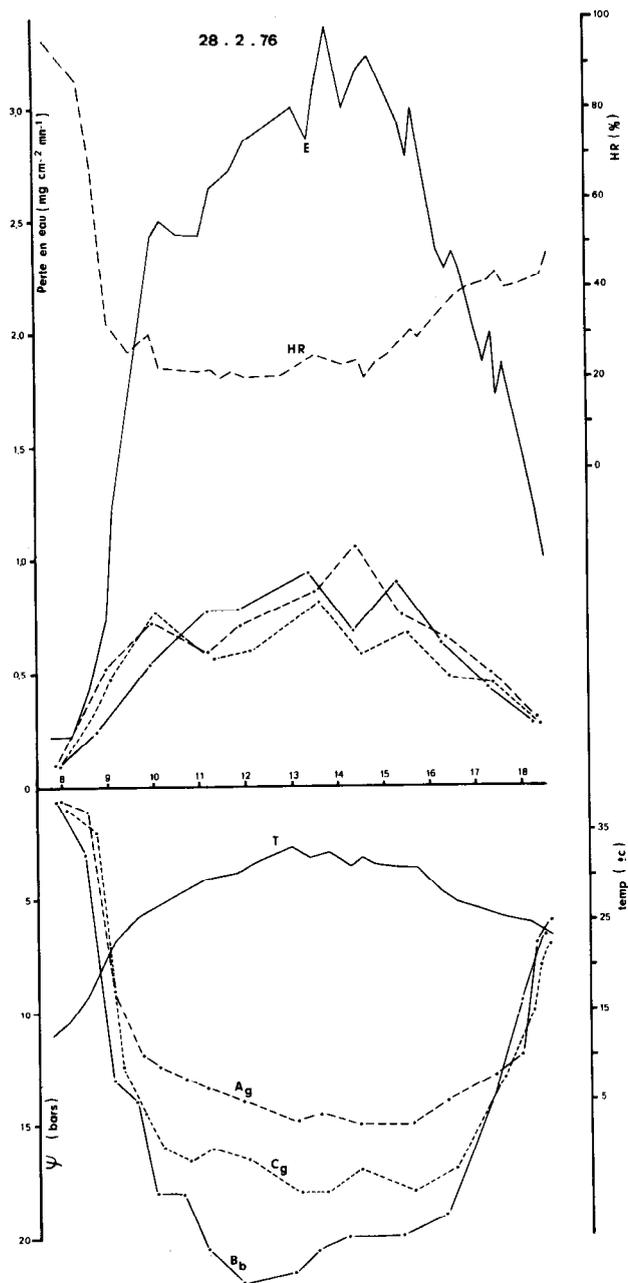


Fig. 6

bable que les conditions favorables à une bonne assimilation soient réunies, car les stomates n'accusent pas les mouvements de fermeture de la saison sèche, que l'on peut enregistrer même si l'alimentation en eau du sol n'est pas le facteur limitant absolu.

En l'absence de toute mesure d'ouverture des stomates, on utilise parfois les valeurs de la « transpira-

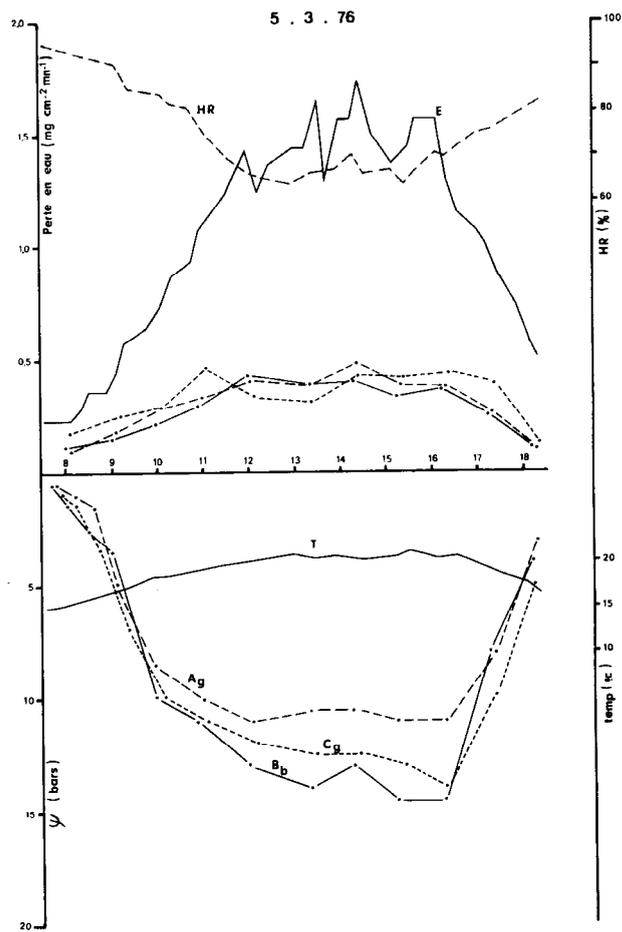


Fig. 7

Fig. 6 à 9. — Evolution journalière de la perte en eau par transpiration et du potentiel hydrique interne chez trois Graminées fourragères cultivées.

tion relative », expression déjà ancienne des valeurs du rapport T/E. Si la valeur reste constante, les variations T peuvent être attribuées à celles de E, c'est-à-dire à des causes purement externes, qui se traduisent par des modifications du pouvoir évaporant de l'air. Mais en fait, T/E varie au cours de la journée, en général dans le sens d'une diminution, ce qui indique l'existence de réactions propres aux plantes, d'une régulation stomatique en particulier.

Pour démontrer l'influence saisonnière de la part respective qui revient à chaque composante T ou E

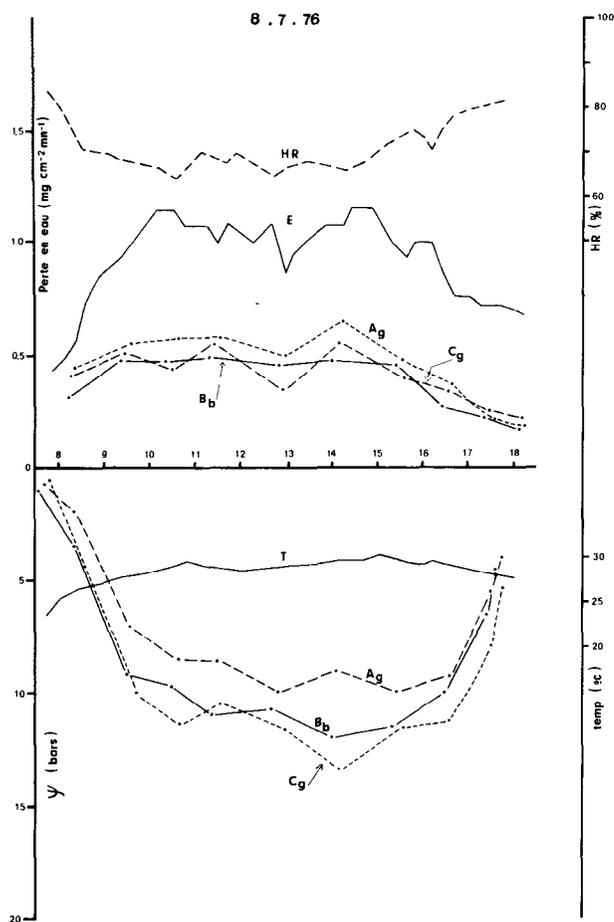


Fig. 8

dans la valeur du rapport T/E, les totaux journaliers recueillis au cours de 39 journées de mesures effectuées en 1975 et 1976 ont été portés sur un graphique (fig. 14), en prenant les moyennes de T pour les trois espèces étudiées. La répartition annuelle des valeurs de T/E fait apparaître l'existence de quatre périodes principales, mais qui se groupent deux à deux.

Chacun de ces deux groupements correspond en effet *grosso-modo* aux saisons sèche et fraîche, humide et chaude. Pour chacune de ces périodes, la valeur moyenne établie permet de donner une allure générale à la courbe saisonnière de variations de chacune de ces données, dont la valeur numérique est portée, à titre indicatif, dans le tableau III. Des valeurs élevées de T/E traduisent une bonne ouverture des stomates. On les trouve surtout pendant les périodes chaudes et humides pendant lesquelles on peut noter les valeurs les plus élevées de T et les plus basses de E. Pendant

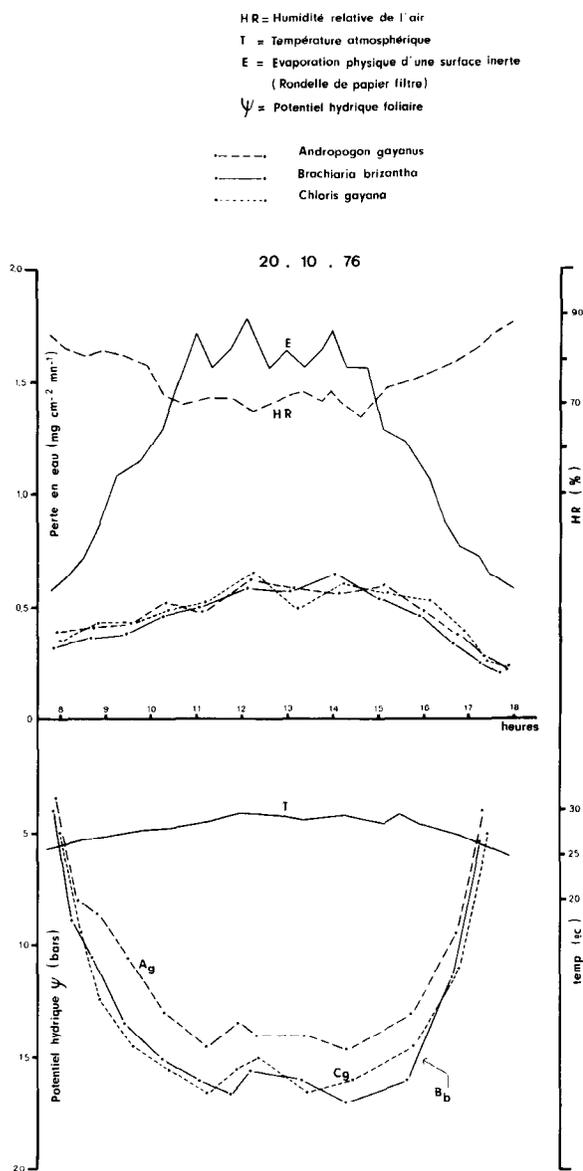


Fig. 9

TABLEAU III

Période	T (mm)	E (mm)	T/E x 100
a) décembre 2 - mars	2,4	9,75	24,7
b) avril - mai	1,7	9,5	17,9
c) juillet - septembre	2,35	5,3	44,2
d) octobre - décembre 1	3,0	9,05	33,2

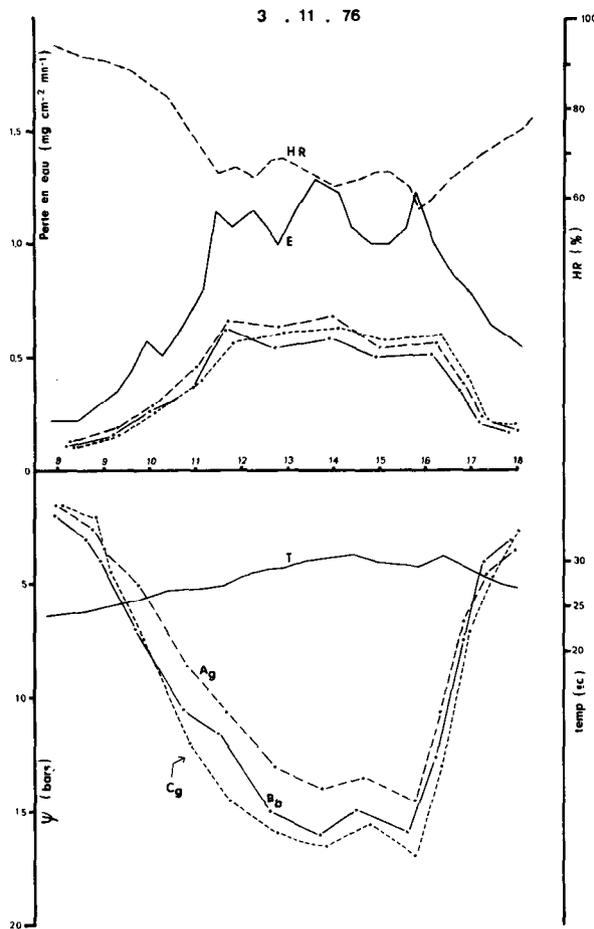


Fig. 10

Fig. 10 à 13. — Evolution journalière de la perte en eau par transpiration et du potentiel hydrique interne chez trois Graminées fourragères cultivées.

la saison sèche, les très fortes valeurs de E ne s'accompagnent pas d'une élévation corrélative de celles de T. On sait en effet que l'élévation anormale du pouvoir évaporant de l'air est souvent suivie d'une augmentation de la résistance au transfert de vapeur d'eau, même lorsque l'humidité du sol est suffisante (Aston, 1973).

En fin de compte, on peut conclure à la forte influence du régime des vents sur les valeurs de l'évaporation (E), du degré d'ouverture des stomates et par conséquent de la transpiration (T) ainsi que de T/E.

Au cours de l'année 1976, les valeurs du potentiel

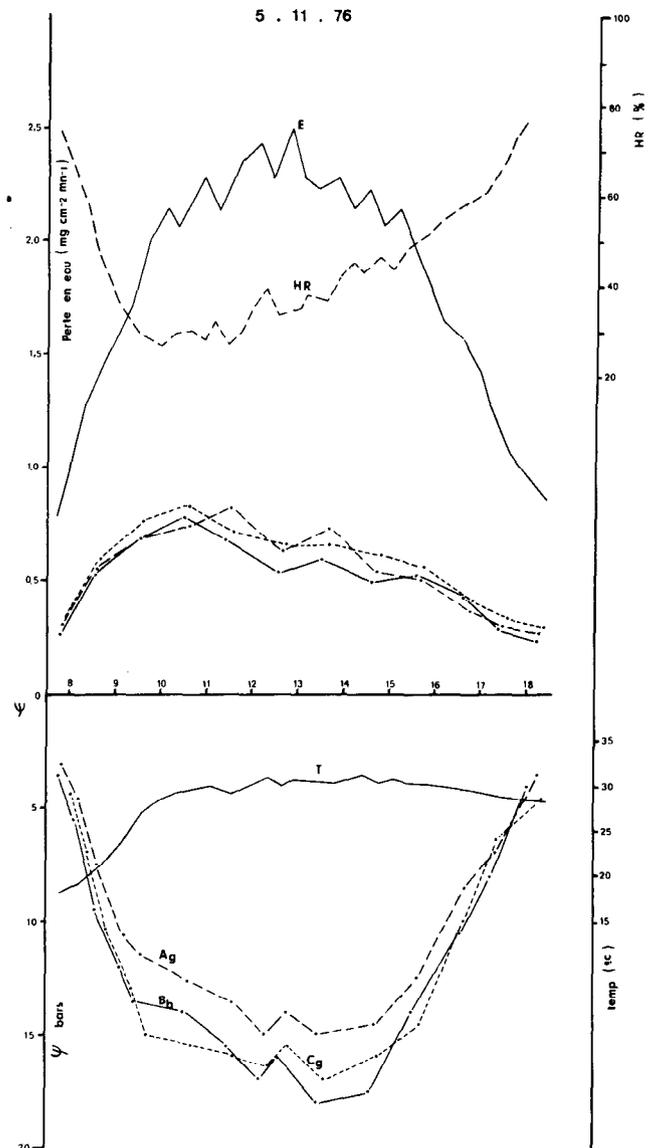


Fig. 11

de l'eau dans la vascularisation ont été établis simultanément, et les résultats sont portés sur les fig. 6 à 13. Pour les 3 espèces étudiées, l'évolution du potentiel hydrique (ψ) est comparable, quelle que soit la période de l'année. En général, les valeurs les plus basses sont enregistrées chez *Brachiaria brizantha*, alors qu'elles sont toujours plus élevées pour *Andropogon gayanus*. Des différences aussi nettes n'existent pas pour les valeurs de la transpiration, et on peut constater des taux sensiblement plus élevés chez l'*Andropogon* que chez *Brachiaria brizantha*. Pour *Chloris gayana*, les valeurs sont le plus souvent intermédiaires.

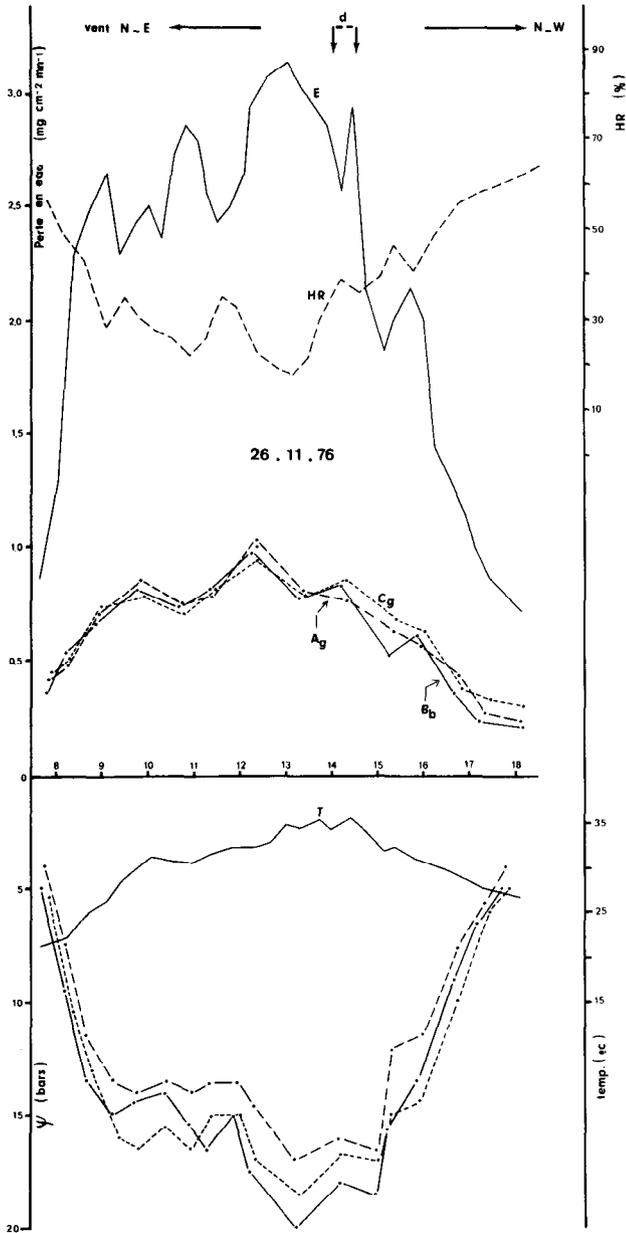


Fig. 12

L'examen de l'allure des courbes montre un bon équilibre entre la demande et l'offre d'eau : les valeurs élevées de ψ dans la première partie de la matinée s'abaissent nettement dans la seconde moitié par suite de l'élévation des valeurs de T (qui sont alors supérieures à l'absorption). Puis elles se stabilisent pendant la plus grande partie de la journée et remontent en fin d'après-midi quand les valeurs de T chutent suffisamment pour que les sorties d'eau deviennent inférieures aux entrées.

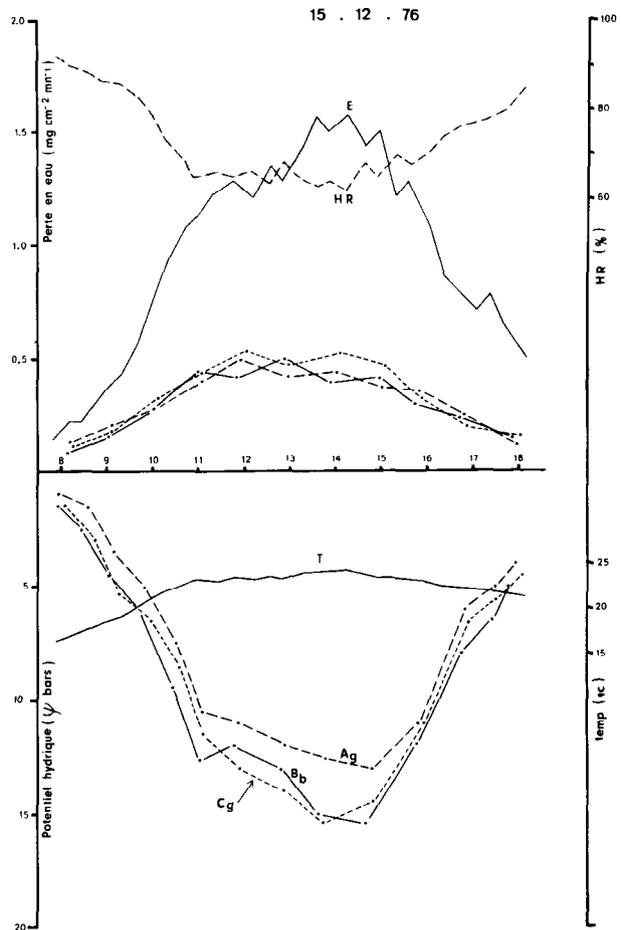


Fig. 13

Les valeurs de ψ pouvant être considérées comme potentiels d'équilibre sont atteints à la tombée de la nuit, ce qui montre que les plantes ont déjà à peu près récupéré leur turgescence. Par contre, l'amplitude et la durée de l'abaissement des valeurs de ψ varient d'une journée et d'une saison à l'autre, comme on peut le constater à l'examen des fig. 6 à 13. Théoriquement, la juxtaposition des courbes journalières de T et ψ doit permettre de déterminer des valeurs limites du potentiel hydrique pour lesquelles il y a fermeture des stomates. Mais cette méthode doit être accueillie avec réserve. Tout comme la transpiration, les valeurs de ψ chez ces trois Graminées fourragères dépendent étroitement de la demande évaporative de l'air dans tous les cas où l'état hydrique du sol n'est pas le facteur limitant, comme l'ont observé plusieurs auteurs (Cary et Wright, 1971 — Heth, 1974. Mais on sait également, depuis les travaux de Weatherley (1963) et aussi Berger (1971), qu'il existe un décalage probable entre l'état hydrique général du végétal et celui

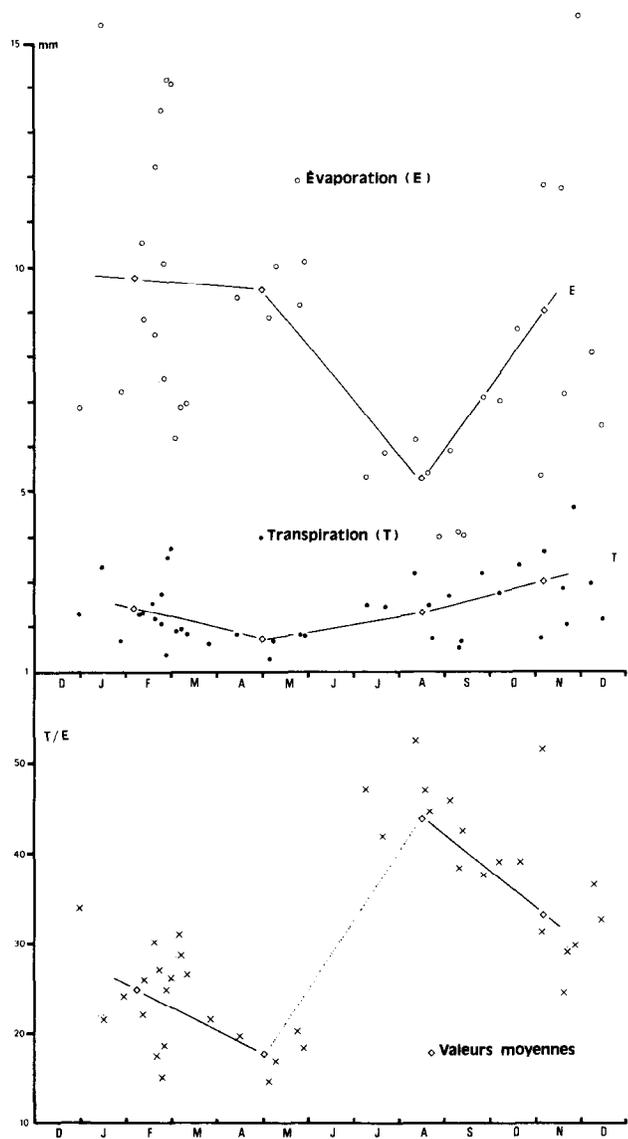


Fig. 14. — Valeurs journalières globales de la perte en eau par transpiration (T) et de l'évaporation physique (E) au cours des diverses saisons d'une année. Etablissement des rapports T/E (transpiration relative).

de ses cellules stomatiques. Tous ces facteurs ajoutent encore une incertitude quant aux résultats obtenus par cette méthode de comparaison, ce qui fait que les valeurs données offrent une large marge de fluctuation : —11 à —16 bars chez *Brachiaria brizantha*, —11 à —14 bars pour *Chloris gayana* et —11 à —13 bars pour *Andropogon gayanus*, ce qui est relativement peu précis, surtout pour la première espèce.

Par contre, l'étude graphique des relations existant entre ces deux grandeurs est plus intéressante, car elles reflètent les variations de la circulation de l'eau

dans la plante, donc les changements de résistance au flux liquide, auxquels sont étroitement liés les problèmes d'assimilation et d'efficacité de l'usage de l'eau pour la production de matière sèche (Barrs, 1973). Les résultats obtenus, représentés par les graphiques des fig. 15 et 16, confirment ceux obtenus antérieurement (Grouzis, 1976). Ils ont été obtenus en portant les résultats de douze journées de mesures : quatre pour chacune des trois principales périodes (sèche, hivernage, inter-saison). La rupture de pente s'observe entre —12 et —13 bars chez l'*Andropogon* alors que cette valeur est beaucoup plus basse pour le *Brachiaria brizantha* (—17,5 à —18,5 bars). Les *Chloris gayana* offrent des valeurs intermédiaires (—15,5 à —16,5 bars). Il est donc confirmé que la résistance à la circulation de l'eau à travers la plante n'est pas constante au cours de la journée, contrairement aux résultats obtenus par Barrs (1973) sur le maïs, mais en accord avec ceux d'autres auteurs comme Berger (1971) ou Stoker et Weatherley (1971). En fait, il est intéressant, de noter les différences entre l'*Andropogon* et le *Brachiaria*, pris pour exemples, pour mettre en évidence chez la première espèce un meilleur transit de l'eau que chez la seconde. L'examen des courbes des fig. 15 et 16 montre en effet qu'il existe deux phases : une d'abaissement rapide représentée par la première partie de la courbe. La pente est plus élevée chez *Brachiaria brizantha*, ce qui indique une plus grande résistance à la circulation de l'eau, donc un transit moins efficace que chez les *Andropogon*. La seconde partie de la courbe est comparable chez les deux espèces, mais cette phase de réduction des résistance se produit pour des valeurs nettement plus élevées de ψ chez l'*Andropogon*, ce que traduisent les chiffres relevés à la rupture de pente.

Sur le plan production, ces comportements sont intéressants, car ils indiquent pour l'*Andropogon* une meilleure aptitude à utiliser l'eau que chez *Brachiaria brizantha*, tout au moins en ce qui concerne les parties aériennes consommables (fourrage). Sur un plan pratique, ces tests expérimentaux peuvent être utilisés avec la valeur des « indices de surface foliaire » (LAI), pour déterminer l'aptitude des espèces à utiliser l'eau du sol.

Ceci nous amène donc à la recherche des relations possibles entre l'utilisation de l'eau par la plante et sa production en matière sèche. Ce problème est celui de « l'efficacité de l'eau », terme qui désigne, au niveau d'une culture, la relation quantitative entre sa consommation effective en eau et la matière sèche produite. Dans le cas de cultures fourragères, il s'agit là d'une donnée agronomique fondamentale, susceptible de guider le choix des espèces et variétés. La matière sèche produite se rapporte évidemment aux parties aériennes fauchées.

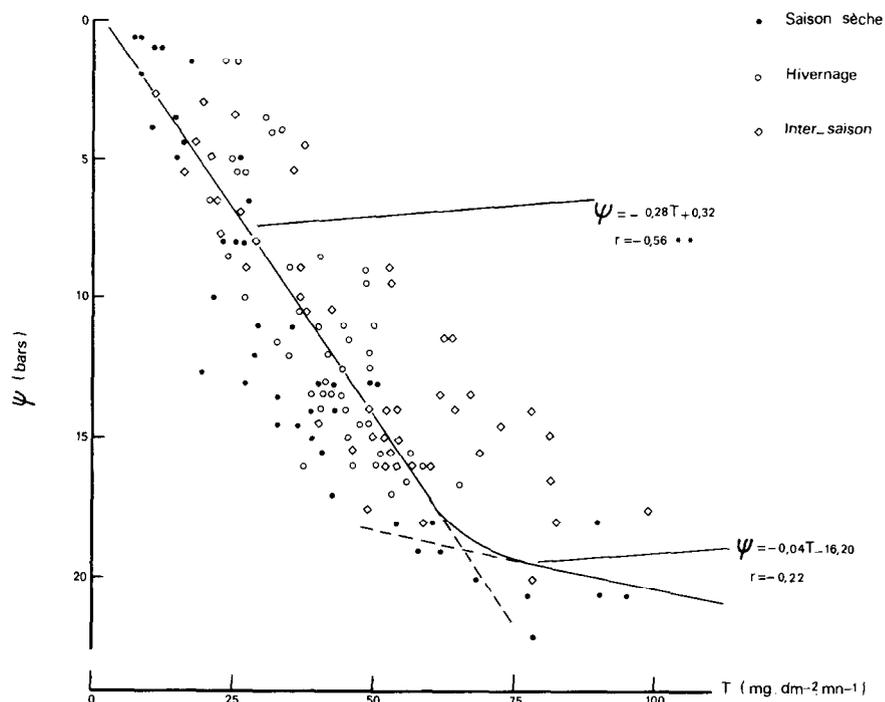


Fig. 15. — Evolution des valeurs du potentiel hydrique (Ψ) en fonction de celles de la transpiration (T) chez *Brachiaria brizantha*.

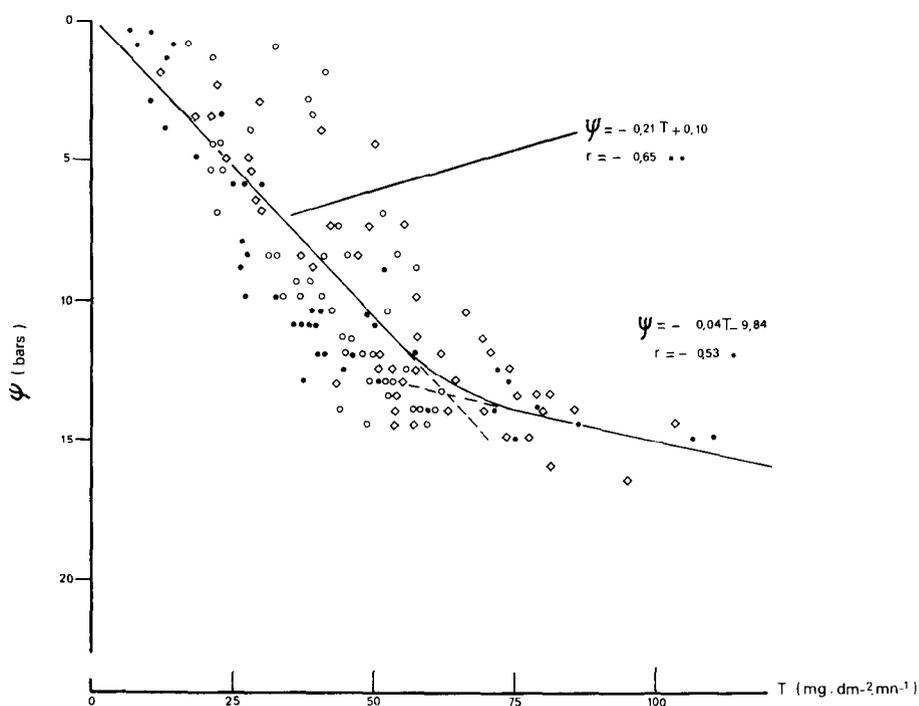


Fig. 16. — Evolution des valeurs du potentiel hydrique (Ψ) en fonction de celles de la transpiration (T) chez *Andropogon gayanus*.

TABLEAU IV
VALEURS SAISONNIERES DE L'EFFICIENCE DE L'UTILISATION DE L'EAU POUR DEUX ESPECES
(*ANDROPOGON GAYANUS* ET *BRACHIARIA BRIZ.*)

Esp.	Cycle	12/12/75	19/3	29/4	11/6	13/7	20/8	1/10	12/11
		au 18/3/76	au 28/4	au 10/6	au 12/7	au 19/8	au 30/9	au 11/11	au 14/1/77
<i>Andropogon</i>		3 089	299	424	204	268	211	250	1 446
<i>Brachiaria</i>		954	468	547	280	376	218	263	807

Si nous prenons par exemple le *Brachiaria brizantha* et l'*Andropogon gayanus*, la simple comparaison des valeurs de l'efficience en eau chez les deux espèces au cours d'une année complète d'exploitation (décembre 1975/janvier 1977) confirme la supériorité de l'*Andropogon* par rapport au *Brachiaria brizantha*, (fig. 5).

La moyenne des valeurs de cette « efficience en eau » pour la période qui s'étend du 19/3 au 11/11/76 (mois au cours desquels l'alimentation en eau a pu être assurée en quantité suffisante), est la suivante :

- 265 pour l'*Andropogon gayanus*
- 330 pour le *Brachiaria brizantha*

Ces chiffres s'accordent bien avec ceux relevés dans la littérature (Lemée, 1975), qui admettent une valeur moyenne de 300 pour les plantes cultivées dite « en C⁴ », et qui comprennent la plupart des Graminées tropicales utilisées comme fourrage (Chartier, 1975).

L'examen de cette aptitude à utiliser l'eau sera effectué plus en détail dans l'étude spéciale qui fait suite à la présente (*).

Discussion générale et conclusions

Dans le cadre de l'amélioration des ressources fourragères au Sénégal, un programme de culture de Graminées réputées à hauts rendements a été élaboré dès 1973, et débuté en 1974 (R. Cadot). Mais comme les espèces utilisées sont en général originaires de régions humides des secteurs guinéen et assimilés, leur introduction dans des zones limites quant aux possibilités écologiques pose certains problèmes, celui de leur alimentation en eau en particulier. Des méthodes suffisamment éprouvées ont permis assez rapidement de déterminer les besoins en eau de ces plantes, de façon à les amener théoriquement à une production optimale pendant la plus grande partie de l'année. Dans les conditions climatiques qui règnent à Sangalkam, un apport moyen de 3,5 mm par jour, soit environ 1 300 mm

par an doit couvrir les besoins d'une croissance optimale.

Mais en réalité le problème n'est pas si simple, étant donné que la productivité des plantes fourragères cultivées peut varier dans de grandes limites, suivant le système d'exploitation adopté. Aussi, pour rendre l'apport d'eau le plus économique et le plus rentable possible, la connaissance des bases éco-physiologiques de son utilisation par la plante se révèle de toute première importance.

En prenant pour exemple trois Graminées choisies parmi un lot de six espèces particulièrement intéressantes, il a été possible de suivre pendant une année complète l'évolution journalière de la transpiration et du potentiel de l'eau dans la vascularisation, processus particulièrement importants de l'économie d'eau dans la plante.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'action prépondérante des facteurs climatiques qui déterminent l'intensité de la demande évaporative, dans la mesure où l'alimentation en eau par le sol ne constitue pas le facteur limitant essentiel. Les fluctuations sont déterminées en partie par le régime des vents, composante atmosphérique fondamentale de ce type de climat.

L'évolution journalière de la perte en eau par transpiration, comparable chez les trois Espèces, montre que les stomates se ferment chaque fois que les vents déterminent une augmentation anormale de la demande évaporative. L'élévation conjuguée ou séparée de la turbulence, de la température et de la sécheresse atmosphériques favorise ce phénomène. Par contre, au cours des périodes chaudes et humides, chaque fois que l'on observe une « coïncidence pluviothermique » les stomates restent ouverts pendant la plus grande partie de la journée. Ces périodes sont en effet caractérisées par une croissance rapide et des productions optimales pour toutes les Espèces observées.

Le potentiel de l'eau dans la vascularisation est une mesure très sensible de l'état hydrique interne du végétal, qui conditionne sa croissance. Comme la transpiration à laquelle il est lié, son évolution journalière

(*) II - Consommation d'eau et production de matière sèche des parties aériennes.

est comparable chez les trois Espèces : en début de matinée, quand la transpiration est faible, les potentiels sont élevés (voisins de -1 bars). Au cours de la journée, la chute des valeurs suit fidèlement l'élévation de l'intensité de la demande évaporative. Chez *Brachiaria brizantha*, les valeurs sont toujours plus basses que chez *Andropogon gayanus*. Les *Chloris gayana* offrent des valeurs intermédiaires. Par contre, la récupération est rapide chez les trois Espèces, et les potentiels d'équilibre sont toujours atteints dès la tombée de la nuit, si l'alimentation en eau du sol n'est pas facteur limitant.

La juxtaposition des courbes de transpiration et de potentiel hydrique permet d'estimer les valeurs qui entraînent la fermeture des stomates. Mais cette méthode n'est qu'approximative et manque d'autant plus de précision que ces deux phénomènes sont vraisemblablement décalés dans le temps. Toutefois, l'existence de valeurs critiques au cours de la journée, qui peuvent varier entre -11 et -16 bars suivant les Espèces, et la vitesse de récupération en fin de journée sont des données importantes à connaître pour orienter l'irrigation.

L'étude de l'évolution du potentiel hydrique en fonction de la transpiration reflète l'état physique de résistance à la circulation de l'eau dans la plante. En accord avec de nombreux auteurs, les résultats obtenus ont montré qu'elle varie au cours de la journée, tout au moins dans les conditions de notre expérimentation. Il existe en effet deux phases dans cette relation : une d'abaissement rapide et une d'abaissement lent, lorsque le flux d'eau à travers la plante augmente.

Dans ce domaine, les valeurs des pentes des droites de régression $\psi-T$, que les auteurs considèrent comme une estimation de la résistance à la circulation de l'eau à travers la plante, montrent un meilleur transit de l'eau pour *Andropogon gayanus*, surtout lorsque les débits sont faibles. Ces résultats s'accordent bien avec ceux de la productivité, puisqu'on a pu constater chez l'*Andropogon* une meilleure efficacité de l'eau que chez les *Brachiaria brizantha*, tout au moins pendant la plus grande partie de l'année.

Cette étude a permis d'autre part de montrer l'importance d'une bonne irrigation pendant la saison sèche, où il existe un déséquilibre quotidien entre l'offre et la demande qui provoque la fermeture des stomates. Mais si l'action de la demande évaporative est prépondérante pendant la plus grande partie de l'année, d'autres facteurs peuvent intervenir pour limiter la production. En particulier, l'action des températures atmosphériques pendant la saison sèche et froide (décembre à mars) serait à examiner de plus près par expérimentation en conditions contrôlées. On sait en effet que ces plantes fourragères tropicales appartiennent au groupe des plantes dites « C⁴ » (Hatch, Slack et Johnson, 1967), dont l'enzyme responsable de la fixation du CO² externe posséderait une action optimale entre 30 et 40 °C (Björkman, 1971).

En tout état de cause, l'installation de brise-vents est souhaitable pour limiter les effets de l'évaporation et de l'abaissement des températures en saison sèche.

Manuscrit reçu au service des Publications de l'ORSTOM
le 14 février 1978

Voir bibliographie dans la deuxième partie de l'article.