

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO
(I.N.É.A.C.)**

**OUVRAGE PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU MINISTÈRE BELGE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA CULTURE**

**L'irrigation par aspersion
du tabac White Burley
à Kaniama (Haut-Lomami)**

PAR

R. GOFFINET

**Ingénieur agronome Gx
Ancien Assistant à la Station d'Essais
de l'I.N.É.A.C., à Kaniama**

SÉRIE TECHNIQUE N° 72

1964

**L'IRRIGATION PAR ASPERSION DU TABAC
WHITE BURLEY A KANIAMA (HAUT-LOMAMI)**

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO
(I.N.É.A.C.)**

**OUVRAGE PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU MINISTÈRE BELGE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA CULTURE**

L'irrigation par aspersion du tabac White Burley à Kaniama (Haut-Lomami)

PAR

R. GOFFINET

**Ingénieur agronome Gx
Ancien Assistant à la Station d'Essais
de l'I.N.É.A.C., à Kaniama**

SÉRIE TECHNIQUE N° 72

1964

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	9
A. — <i>DONNÉES ÉCOLOGIQUES</i>	11
1. Le climat	11
2. Le sol.	14
B. — <i>DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DES SOLS DES ESSAIS 1960 ET 1961</i>	15
1. Densité apparente	16
2. Capacité de rétention en champ (FC)	17
3. Point de flétrissement (WP)	20
4. Eau utile (EU)	20
C. — <i>MÉTHODES DE MESURE DE L'HUMIDITÉ DANS LE SOL ET DES DOSES D'IRRIGATION</i>	21
1. Humidité du sol	21
2. Doses d'irrigation	22
D. — <i>ESSAI DE 1958</i>	23
1. Protocole	23
2. Conclusions de l'essai	24
E. — <i>ESSAI DE 1960</i>	25
1. Schéma et réalisation de l'essai	25
2. Détail des irrigations	27
3. Résultats	27
4. Conclusions	30
F. — <i>ESSAI SOUS ABRI VITRÉ</i>	33
1. Schéma et réalisation	33
2. Évolution de l'essai	34
3. Évapotranspiration	36
4. Conclusions	42

	Pages
G. — <i>EXPÉRIENCE D'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE</i>	43
1. Schéma et réalisation	43
2. Observations en cours d'essai	44
3. Évapotranspiration	45
4. Conclusions	53
H. — <i>ESSAI EN CHAMP 1961</i>	55
1. Schéma de l'essai	55
2. Détail des irrigations	56
3. Régularité de l'arrosage	56
4. Tests d'efficacité	60
5. Tests de percolation	63
6. Observations en cours d'essai	64
7. Rendements et analyse statistique	67
8. Calcul des consommations en eau	71
9. Conclusions de l'essai	84
I. — <i>INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR LES CONSOUMMATIONS EN EAU</i>	87
1. Plantations réalisées au début du mois de mai	90
2. Plantations effectuées au début du mois de juillet	90
J. — <i>CONCLUSIONS GÉNÉRALES — DÉTERMINATION DES DOSES D'IRRIGATION</i>	91
BIBLIOGRAPHIE	93
PHOTOGRAPHIES	<i>in fine</i>

INTRODUCTION

Dès l'année 1957, la culture du tabac de saison sèche (White Burley) avec irrigation par aspersion, prend de l'extension dans la région de Kaniama.

Comme c'est à la moitié à peine de la totalité du cycle saisonnier annuel que se limite la période pendant laquelle l'agriculture régionale échappe réellement au risque sérieux de la sécheresse, on comprend aisément l'importance que revêt la mise au point de la technique de l'irrigation. Grâce à l'irrigation, les planteurs de tabac peuvent pratiquement doubler leur activité en cultivant du tabac en saison sèche et en entamant la culture du tabac de saison des pluies plus tôt dans la saison avec des arrosages d'appoint.

En 1958, la Station d'Essais de l'I.N.É.A.C. à Kaniama met l'expérimentation de l'irrigation du tabac à son programme. Pour cette année, le protocole est mis au point et les essais sont réalisés par G. VALLAEYS, ancien Chef de la Division du Caféier et du Cacaoyer. En 1960 et 1961, nous avons continué l'expérimentation.

Après trois années de recherche, nous sommes parvenus à déterminer, avec assez de précision, les besoins en eau du tabac White Burley aux différents stades de végétation. Les méthodes de travail employées et la discussion des résultats obtenus sont exposées dans ce travail.

A. — *Données écologiques.*

1. Le climat.

Le climat subéquatorial de Kaniama appartient au sous-type (AW₄)S de KÖPPEN [BULTOT, 1950].

Le climogramme de la Station (fig. 1) montre les variations, d'un mois à l'autre, des principaux éléments : pluies, température, humidité de l'air et évaporation (1).

a. *Pluviosité.*

La saison sèche a une durée de quatre mois allant approximativement du 10 mai au 10 septembre, mais le mois qui précède immédiatement le début de cette saison sèche et celui qui suit sa fin, se caractérisent, sinon par un chiffre de précipitation totale déficitaire, en tout cas par une répartition souvent très défavorable des pluies pour la culture du tabac. La diminution des précipitations ou leur mauvaise répartition pendant le mois d'avril a peu d'importance pour le tabac de saison des pluies car ce mois coïncide avec le stade de maturation des dernières plantations et, jusqu'à présent, les cultures tardives se pratiquent rarement. Il n'en est pas de même pour les mois de septembre et d'octobre où se situent les premières plantations de la saison pluvieuse qui nécessitent souvent une irrigation d'appoint.

Pendant les mois de pleine saison sèche, la pluviosité est très faible; les moyennes des années 1950 à 1960 donnent 34 mm en mai, 7 mm en juin, 2 mm en juillet et 25 mm en août.

(1) Voir : R. GOFFINET, « Essai d'adaptation du caféier Robusta avec irrigation par aspersion à Kaniama (Haut-Lomami) », Publ. I.N.É.A.C., Série techn. n° 71 (1964).

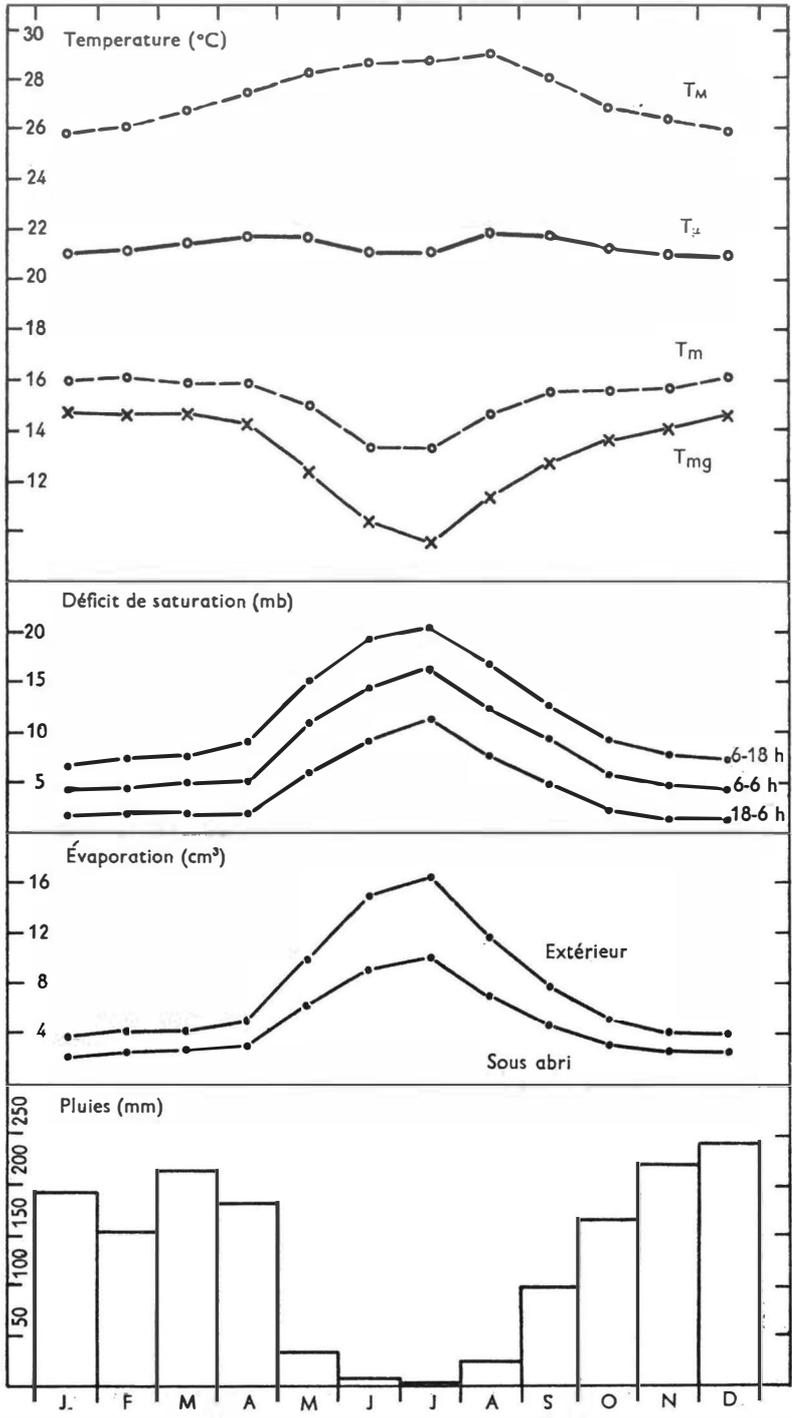


Fig. 1. — Climatogramme de la Station de Kaniama.

Les essais sont réalisés pendant les mois secs pour éviter que des pluies ne viennent modifier les doses d'irrigation prévues.

b. *Température.*

C'est pendant la saison sèche qu'on enregistre les maximums absolus les plus élevés et les minimums absolus les plus bas; les moyennes mensuelles de la température maximale et de la température minimale journalières y sont respectivement les plus fortes (maximum en août : 30,9° C) et les plus basses (minimum en juillet : 15,2° C).

L'amplitude de variation de la température moyenne mensuelle est très faible mais, en saison sèche, l'amplitude de variation journalière atteint parfois des valeurs voisines de 20° C.

Les basses températures de la saison sèche et les variations journalières ne semblent pas avoir une influence directe sur le développement du tabac quand il a atteint l'âge d'être repiqué en champ. Il n'en reste pas moins que la température influe sur le pouvoir évaporant de l'air dont dépend, en partie, l'évapotranspiration de la culture.

c. *Humidité de l'air.*

Les moyennes mensuelles de l'humidité relative diminuent fortement pendant les mois de saison sèche; le minimum (46 % pour les années 1956 à 1960) est atteint en juillet. Le déficit de saturation varie en sens inverse; la moyenne mensuelle est de 16,6 mb en juillet.

d. *Évaporation.*

Les graphiques de l'évaporation, mesurée à l'évaporomètre de PICHE, sont très semblables à ceux du déficit de saturation. Sous abri, la valeur moyenne de l'évaporation journalière est de 10 cm³ pendant le mois de juillet.

e. *Le vent.*

La direction des vents dominants en saison sèche est Est-Sud-Est; elle a une grande importance pour la technique de l'irrigation.

C'est également pendant la saison sèche que les vents sont les plus fréquents et les plus violents. Les observations faites depuis 1959 jusque 1961, montrent qu'en mai le vent atteint une vitesse moyenne de 5,92 km/h, en juin de 7,20 km/h et en juillet de 7,61 km/h, tandis que pour les autres mois de l'année, cette valeur est comprise entre 4,57 et 5,17 km/h.

2. Le sol.

Une grande diversité de sols existe dans la région de Kaniama [FOCAN et MULLENDERS, 1955].

Les sols normalement cultivés pendant la saison des pluies se rattachent aux séries Mufuye et Kaniama principalement, à la série Tshiadimine dans une proportion réduite et à diverses associations entre les sols de ces séries.

Les cultures de saison sèche auraient dû donner, par rapport aux sols de plateaux (séries Kaniama et, dans une moindre mesure, série Kamakoko), une nette prédominance aux sols de pente (série Mufuye) et de fonds (série Tshiadimine et complexe Kamilonge-Tshiadimine). C'est donc logiquement par les sols de la série Mufuye qu'aurait dû aborder, en priorité, l'expérimentation mais, pour des raisons pratiques uniquement, elle débute sur un sol de la série Kamakoko (expérience de 1958) qui, selon FOCAN, est un sol plutôt destiné à l'élevage qu'à la culture. Ce sol se caractérise par sa valeur moyenne; il est nettement moins riche que les sols de la série Kaniama, il se situe assez près des terrains de la série Mufuye et sa fertilité est supérieure à celle des sols Tshiadimine. Sa teneur en éléments fins est beaucoup plus faible que celle des sols Kaniama, plus faible que celle des sols Mufuye mais il est plus argileux que le sol Tshiadimine. Au point de vue eau disponible, il se situe exactement à mi-chemin entre les sols Kaniama, d'une part, et les sols Mufuye et Tshiadimine, d'autre part.

En 1960 et 1961, l'expérimentation est reprise sur sol Kaniama car les planteurs ont tendance à établir leurs cultures de saison sèche sur des terrains riches des séries Kaniama, ou Mufuye, terrains qui sont bien représentés dans la région.

Selon FOCAN [*op. cit.*], les sols utilisés dans les essais ont tous deux pour origine la tonalite avec influence de gabbros; le sol Kaniama se rencontre sur les plateaux et les débuts de pente (0 à 8 %) tandis qu'on trouve le sol Kamakoko sur les surfaces intermédiaires et les pentes (0 à 15 %); ils ont un bon drainage interne. Pour l'horizon de surface (0 à 60 cm), ils présentent les caractéristiques morphologiques suivantes :

Couleur : brun rougeâtre;

Texture : argilleux à argilo-sableux pour le sol Kaniama et sablonno-argileux pour le sol Kamakoko;

Structure : granuleuse;

Consistance : meuble.

Dans les sols Kaniama, le sol superficiel humifère est généralement bien conservé et il s'érode difficilement; c'est le contraire pour le sol Kamakoko. Les sols Kaniama sont occupés par la forêt ou la savane et sur les sols Kamakoko on trouve de la savane en voie de régression.

Les caractéristiques analytiques de ces sols sont les suivantes (horizon : 0-60 cm) :

	Kaniama	Kamakoko
Texture (en % d'éléments fins)	60 et plus	30 - 40
Porosité (%)	49 à 47	46 à 42
Humidité (%) :		
Capacité de rétention en champ (FC)	29,1	15,1
Point de flétrissement (WP)	16,3	5,7
Eau utile (EU)	12,8	9,4
Matières organiques :		
C (%) 0-10 cm	2,1	2,1
10-30 cm	1,2	0,8
pH 0-20 cm	6,2	6,0
20-60 cm	5,7	5,3

B. — Détermination des caractéristiques des sols des essais 1960 et 1961.

Pour pouvoir calculer les doses d'irrigation avec le maximum de précision possible nous avons, pour les essais de 1960 et 1961, déterminé les caractéristiques des sols au point de vue de l'économie en eau. Pour ces deux années, les essais sont réalisés au même emplacement, sur sol Kaniama argileux, mais les caractéristiques du sol changent d'une année à l'autre suivant l'utilisation qu'il en a été faite. En 1960, l'essai est établi après une culture de sidération (*Crotalaria sericea*) installée en saison des pluies et enfouie environ six semaines avant la plantation du tabac. Ensuite, le sol est de nouveau couvert par du *Crotalaria usaramoensis* que l'on enfouit au moment du labour pour l'essai de 1961.

L'horizon qui nous intéresse est l'épaisseur de sol exploitée par le système racinaire du tabac. G. VALLAEYS, en 1958, estime à 35 cm la profondeur que doit atteindre l'eau d'arrosage. Les observations que nous faisons en 1959 montrent que la masse du système racinaire se trouve dans les trente centimètres superficiels

et, en 1961, nous constatons que, pendant le premier mois de végétation, la longueur des racines est inférieure à 20 cm et, par la suite, la majorité des racines ne dépasse guère 25 cm de profondeur.

Dans l'essai de 1960 on prend, comme couche exploitée par les racines, 25 cm jusqu'au troisième buttage (fin du premier mois de végétation) et 30 cm par la suite. En 1961, on réhumecte une profondeur de 20 cm jusqu'au deuxième buttage, de 25 cm à partir du deuxième jusqu'au troisième buttage et, ensuite, de 30 cm.

La butte est formée, en trois opérations, en prélevant de la terre entre les lignes de tabac. Après le troisième buttage, on doit obtenir le profil théorique représenté par la figure 2, ci-dessous :

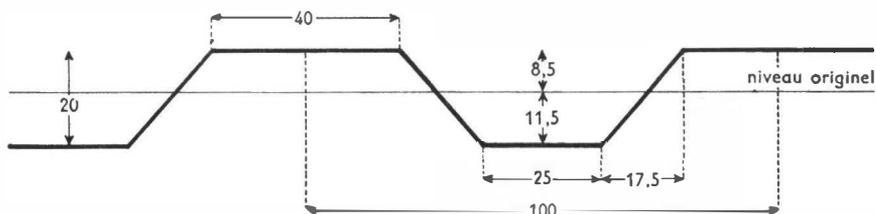


Fig. 2.

La butte doit donc avoir 20 cm de hauteur et, pour ce faire, le niveau originel de l'interligne descend de 11,5 cm; la largeur au sommet est théoriquement de 40 cm et la largeur de l'interligne (à la base de la butte) est de 25 cm. Les contrôles effectués de 1961 donnent une hauteur moyenne de 18,75 cm et une largeur moyenne de 45 cm.

Les trois buttages sont réalisés approximativement dix jours, quinze jours et trente jours après la plantation. Le premier donne à la butte une hauteur d'environ 5 cm, le deuxième de 10 cm et, enfin, le troisième de 20 cm. Pour les deux premiers buttages, on prélève, *grosso-modo*, une épaisseur de 5 cm de terre dans l'interligne et pour le troisième, environ la même épaisseur.

1. Densité apparente.

En 1960, les mesures effectuées au moyen de l'appareil « Volumétre » (Soiltest-Chicago) avant le labour et l'enfouissement du *Crotalaria*, donnent les moyennes suivantes :

Profondeur	Densité (d)
5 cm	1,36
15 cm	1,34
25 cm	1,35

La valeur moyenne de 1,35 est adoptée pour l'ensemble de la couche à réhumecter par irrigation mais l'expérience nous montre que cette valeur est surestimée car, par le labour, le sol perd beaucoup de sa compacité.

En 1961, le sol est beaucoup plus meuble suite aux cultures de tabac et de *Crotalaria*. Les mesures faites avec le même appareil, après le labour, donnent les chiffres suivants :

Profondeur	Densité (d)
5 cm	1,127
12,5 cm	1,293
20 cm	1,256

On calcule la densité moyenne de la couche à réhumidifier en tenant compte de la compacité de la terre. Ainsi, jusqu'au deuxième buttage, on doit réhumidifier une épaisseur de sol de 20 cm et, comme le premier buttage est très léger, on adopte les valeurs citées plus haut et la densité moyenne vaut donc :

$$d = \frac{(1,127 \times 5) + \left[\frac{(1,127 + 1,293)}{2} \times 7,5 \right] + \left[\frac{(1,293 + 1,256)}{2} \times 7,5 \right]}{20} = 1,213.$$

Après le deuxième buttage, la couche à réhumecter a une épaisseur de 25 cm et les cinq centimètres supplémentaires sont dus aux buttages; ils sont donc constitués de terre fortement remuée, provenant de l'horizon superficiel de l'interligne dont la densité vaut 1,127. On ajoute donc $5 \times 1,127$ au numérateur dans la formule, on divise par 25 au lieu de 20 et on obtient 1,196. Pour le troisième buttage, la terre est originaire d'un horizon un peu plus profond, de densité comprise entre 1,127 et 1,293, mais, comme elle est fortement remuée, on lui donne la même densité qu'à l'horizon superficiel et on obtient une densité moyenne de 1,185.

2. Capacité de rétention en champ (FC).

Les mesures de « field capacity » sont réalisées en prélevant des échantillons de terre dans le sol qu'on a préalablement amené à saturation et qu'on a laissé se ressuyer naturellement en le protégeant contre l'évaporation. Ces échantillons sont séchés à l'étuve à 105° C pendant vingt-quatre heures; en divisant la différence entre le poids frais et le poids sec par le poids sec, on a le pourcentage d'humidité.

1960. — Les tests sont répétés plusieurs fois et on procède de la façon suivante :

En cinq emplacements du futur champ de tabac, après le labour, on dispose deux cadres en bois, de 1 m de côté et 10 cm de hauteur, que l'on enfonce de 2 à 3 cm dans le sol. Par des arrosages copieux (150 mm), on amène à saturation les carrés ainsi délimités. Pour protéger la surface humidifiée contre l'évaporation, on recouvre le cadre en bois par une tôle qui, elle-même, est couverte d'un épais paillis (15 cm) préalablement arrosé et que l'on maintient humide pendant les heures chaudes de la journée. De plus, les emplacements des tests sont encore protégés des rayons du soleil par des écrans de 4 m², couverts de paille, que l'on déplace au courant de la journée suivant la course du soleil (photos 1 et 2).

Ne sachant pas après quel laps de temps le sol est ressuyé, c'est-à-dire débarrassé de l'eau de percolation, de nombreuses prises d'échantillons sont effectuées pendant les quatre jours qui suivent l'arrosage.

L'expérience montre cependant qu'on ne peut guère tenir compte des prises faites pendant les heures chaudes de la journée car le pouvoir évaporant de l'air est tel qu'il influence fortement le taux d'humidité de l'échantillon (± 50 g) pendant le prélèvement de ce dernier. A plusieurs reprises, on constate que des échantillons prélevés vers le milieu d'une journée ensoleillée ont un pourcentage d'humidité assez bien inférieur à ceux pris le lendemain dans la matinée; ils sont donc éliminés.

Le taux d'humidité dans le sol est déterminé pour les profondeurs de 5, 15, 25 et 35 cm. Après avoir fait la moyenne des différentes prises (cinq par emplacement et par niveau), on a le tableau d'humidité ci-dessous. L'humidité est toujours exprimée en pour cent du poids sec (% p.s.) :

Temps après l'arrosage	Profondeurs			
	5 cm	15 cm	25 cm	35 cm
27 h 30'	32,1	34,8	33,0	30,4
49 h	30,2	31,9	28,6	29,3
64 h	30,4	33,4	28,8	29,4
73 h	30,4	32,1	28,6	30,8
96 h	27,6	31,0	26,9	28,4

On voit qu'à partir de 49 h jusque 73 h après l'arrosage, le pourcentage d'humidité dans le sol varie très peu. On prend comme valeur de la capacité de rétention en champ les moyennes des valeurs obtenues après 49, 64 et 73 h et qui sont : 30,3, 32,5, 28,7 et 29,5 pour les quatre niveaux considérés.

Notons qu'en faisant la moyenne des valeurs trouvées pour 25 cm et 35 cm de profondeur, on obtient 29,1, qui est la « field

capacity » pour le sol non labouré et qui est exactement le chiffre donné par FOCAN [*op. cit.*].

La capacité de rétention en champ, pour une couche de 25 cm de profondeur, vaut donc :

$$FC = \frac{[30,3 \times 5 + \frac{(30,3 + 32,5)}{2} \times 10] + [\frac{(32,5 + 28,7)}{2} \times 10]}{25} = 30,9.$$

C'est cette valeur qui est appliquée pour calculer les doses d'irrigation en 1960 jusqu'au deuxième buttage. Du deuxième au troisième buttage, on adopte le chiffre de 30,8 et, après le troisième buttage, la « field capacity » est égale à 30,7. On recalcule donc chaque fois la valeur de la capacité de rétention en champ de la couche à rehumecter suivant la quantité de terre apportée sur la butte et suivant l'origine de cette terre, mais les variations de FC sont tellement faibles qu'on pourrait les négliger et adopter une valeur moyenne à 30,8.

1961. — Les tests sont effectués après l'enfouissement de la culture de sidération (*Crotalaria usuramoensis*). La méthode de travail est la même que celle utilisée en 1960 mais au lieu des panneaux protecteurs, on construit un abri en paille complètement fermé autour de l'emplacement des prises d'échantillons. Cet abri protège le sol contre l'échauffement et diminue fortement l'évaporation au moment des prélèvements des échantillons. Ceux-ci sont pris à 5, 15 et 25 cm de profondeur puis, sur toute la profondeur, on prélève une carotte de terre au moyen d'une sonde pédologique.

Cinquante heures après l'arrosage, on obtient les pourcentages d'humidité suivants, qui sont adoptés comme valeurs de « field capacity » :

Profondeur	Humidité
5 cm	31,7
15 cm	30,2
25 cm	27,9
0-25 cm (sonde)	30,3

Si on calcule la moyenne pour la couche 0-25 cm en partant de l'humidité moyenne aux trois niveaux choisis, on a :

$$FC = \frac{[31,7 \times 5] + [\frac{(31,7 + 30,2)}{2} \times 10] + [\frac{(30,2 + 27,9)}{2} \times 10]}{25} = 30,3.$$

On obtient donc exactement le même chiffre que celui donné par les échantillons prélevés à la sonde pédologique.

Pour calculer les doses d'irrigation, on adopte les valeurs suivantes :

- De la plantation au deuxième buttage FC = 30,7
- Après le deuxième buttage FC = 30,9
- Après le troisième buttage FC = 31,0

Comme on peut le constater, les valeurs de FC sont fort peu différentes de celles trouvées en 1960.

3. Point de flétrissement (WP).

Nous avons essayé de déterminer le taux d'humidité qui correspond au point de flétrissement en cultivant des plants de tabac en pots sous abri vitré. On arrête les arrosages et, quand les plants remis en atmosphère humide (100 %) ne reprennent plus, on prélève des échantillons pour connaître l'humidité restant dans le sol.

En 1960, les quelques tests réalisés nous font fixer le point de flétrissement aux environs de 18,2. En 1961, d'autres essais montrent que le pourcentage d'eau peut descendre jusque 16,1. Il varie, évidemment, suivant la terre mise dans le pot et cette terre ne représente pas toujours la qualité moyenne de l'horizon qui nous intéresse dans le champ.

Le nombre de tests n'est pas suffisant pour une détermination précise et, jusqu'à preuve du contraire, nous adoptons la valeur trouvée par FOCAN [*op. cit.*], c'est-à-dire 16,3.

Cette caractéristique du sol est moins utile car elle n'intervient pas dans le calcul des doses d'irrigation; elle nous permet seulement de déterminer le pourcentage d'eau utile restant dans le sol au moment de l'arrosage.

4. Eau utile (EU).

Le pourcentage d'eau utile maximal (ou eau disponible) est égal à la différence entre le taux d'humidité correspondant à la capacité de rétention en champ (FC) et celui du point de flétrissement (WP) : $EU = FC - WP$.

Pour pouvoir comprendre aisément les calculs exposés dans les pages qui suivent, nous résumons dans le tableau I les valeurs adoptées pour la densité, la capacité de rétention en champ et l'eau utile dans les essais de 1960 et 1961.

Tableau I.

Caractéristiques des sols des essais 1960 et 1961.

Périodes	<i>d</i>		FC		EU (maximum)	
	1960	1961	1960	1961	1960	1961
Plantation - 1 ^{er} buttage	1,35	1,213	30,9	30,7	14,6	14,4
Après le 2 ^e buttage . .	1,35	1,196	30,8	30,9	14,5	14,6
Après le 3 ^e buttage . .	1,35	1,185	30,7	31,0	14,4	14,7

C. — Méthodes de mesure de l'humidité dans le sol et des doses d'irrigation.

1. Humidité du sol.

Lors de l'établissement du protocole d'irrigation en 1958, il avait été prévu de mesurer l'humidité restant dans le sol au moyen de blocs de BOUYOCOS. Cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique dans le sol, résistance qui varie suivant le pourcentage d'humidité. Les blocs, qui constituent les électrodes, sont enfouis à une profondeur de référence choisie; connaissant l'humidité à ce niveau, on espérait trouver une relation donnant l'humidité d'une certaine couche de sol. Le tensiomètre fourni avec les cellules électriques donne directement le pourcentage d'eau utile restant à l'emplacement de ces dernières.

En 1958, les blocs commandés ne parviennent pas à Kaniama en temps utile et cette méthode ne peut être employée.

En 1959 et 1960, nous avons fait de nombreux tests avec des blocs en gypse imprégnés de nylon, et en 1961, avec des blocs en nylon, mais sans obtenir de résultats probants. On constate que, lorsque le pourcentage d'eau utile reste à un niveau assez élevé, les blocs en plâtre ne donnent pratiquement pas de variations tandis que les blocs en nylon sont plus sensibles mais le pourcentage d'humidité ainsi obtenu ne correspond pas à celui des échantillons prélevés journallement.

Avant de condamner cette méthode de détermination de l'humidité pour les sols lourds de Kaniama, il faudrait tester les blocs dans un sol couvert d'une végétation plus uniforme qu'une culture de tabac et recevant une pluviosité très régulière, ce qui n'est pas

toujours le cas pour l'irrigation par aspersion. Quoi qu'il en soit, nous doutons fort qu'on puisse utiliser les blocs de BOUYOCOS pour juger de l'humidité restant dans un sol cultivé en tabac sauf, bien entendu, si on emploie une très grande quantité de cellules.

Ne possédant pas d'autre appareil, dans nos essais de 1960 et 1961, nous mesurons l'humidité dans le sol au moyen d'échantillons de terre prélevés journallement.

Pour déterminer l'humidité d'une couche de sol, les échantillons sont pris à la sonde pédologique. On déduit le pourcentage d'humidité correspondant au « wilting point » du pourcentage moyen donné par les échantillons et on obtient la quantité d'eau utile restant dans la couche.

Dans les champs de tabac, les échantillons sont pris dans les buttes à une dizaine de centimètres des plants.

2. Doses d'irrigation.

Le débit-horaire des arroseurs peut être obtenu en se basant sur la pression lue aux manomètres placés en bout de rampes d'aspersion ou par la lecture d'un débit-mètre placé sur la conduite d'amenée de l'eau. Le manuel fourni par le constructeur donne le débit-horaire suivant la pression, le type d'arroseurs et les gicleurs utilisés. Pour autant que le manomètre soit juste et que l'usure des gicleurs ne soit pas trop forte, cette méthode permet de trouver le chiffre exact de *pluviosité théorique*.

Mais une partie de l'eau d'aspersion est perdue par évaporation dans l'air pendant l'irrigation et au contact du feuillage du tabac et du sol nu entre les plants; en cas de vent une autre part, parfois assez importante, peut être déviée en dehors du champ. Le chiffre de pluviosité théorique doit donc être affecté d'un coefficient d'efficacité pour obtenir la quantité d'eau pénétrant réellement dans le sol.

Pour éviter de devoir employer un tel coefficient qui peut être, suivant les conditions atmosphériques, très variable, les doses réellement appliquées sont mesurées au moyen de pluviomètres installés dans les parcelles irriguées. Comme l'irrigation n'est pas tout à fait régulière, on dispose une dizaine de pluviomètres dans l'espace compris entre quatre arroseurs et on prend la moyenne des quantités d'eau récoltées. Les pluviomètres de fortune utilisés sont des boîtes de 150 mm de diamètre; ces boîtes sont disposées dans les interlignes, sur le sol, quand le tabac est jeune puis sur des planchettes clouées sur des pieux quand le tabac est plus développé, ceci pour éviter que les feuilles de tabac ne recouvrent les boîtes.

Cette méthode donne la *pluviosité réelle* si on néglige les pertes par évaporation au contact des plants de tabac et du sol; ces pertes sont d'ailleurs assez faibles quand la pluviosité horaire est de l'ordre de 10 mm.

En 1960, les pluviomètres sont relevés après un temps correspondant plus ou moins à la moitié de la durée théorique d'arrosage et par extrapolation on en déduit le temps nécessaire à l'application de la quantité d'eau désirée.

En 1961, pour obtenir encore plus de précision, on dispose de deux séries de pluviomètres, l'une servant à déterminer la durée d'arrosage et l'autre donnant la pluviosité totale après l'arrosage complet. On élimine ainsi les erreurs qui pourraient survenir si les conditions atmosphériques varient pendant la deuxième mi-temps de l'irrigation.

D. — *Essai de 1958.*

1. **Protocole.**

Étant donné l'absence d'appareils de mesure de l'humidité du sol, le protocole prévu initialement par G. VALLAEYS ne peut être réalisé car la fréquence des arrosages devait être déterminée en cours d'essai, pour chacun des traitements, par la consommation de l'eau par la culture, les doses étant fixées suivant les caractéristiques du sol et des taux de dessiccation du sol adoptés comme critères. Ce protocole sera partiellement réalisé en 1960.

Le protocole utilisé, en définitive, est basé sur un choix, à priori, de certaines fréquences, ce qui revient à appuyer le choix des doses sur des consommations quotidiennes d'eau hypothétiques.

Les objets mis en comparaison sont les suivants :

1. Dose de 20 mm tous les quatre jours.
2. Dose de 35 mm tous les sept jours.
3. Dose de 12 mm tous les quatre jours.
4. Dose de 21 mm tous les sept jours.
5. Dose de 28 mm tous les quatre jours.
6. Dose de 21 mm tous les sept jours pendant le premier mois, ensuite
- Dose de 20 mm tous les quatre jours.
7. Dose de 20 mm tous les quatre jours pendant le premier mois, ensuite
- Dose de 28 mm tous les quatre jours.
8. Dose de 20 mm tous les quatre jours jusqu'au septantième jour, puis arrêt des irrigations.

2. Conclusions de l'essai.

L'essai est entamé trop tardivement et les différences entre les objets sont partiellement nivellées par les pluies du mois de septembre. De plus, les résultats des échantillons de sol montrent qu'au cours des mois d'août et de septembre les doses (ou les fréquences des aspersions) ont été exagérées eu égard aux chiffres réels de consommation.

Les premières conclusions, applicables dans la pratique, que G. VALLAYES, a tirées de ses expériences en 1958 sont les suivantes :

(a) Le vent a une importance prépondérante aussi bien pour la répartition de l'eau d'aspersion que pour le taux d'efficacité; en saison sèche, à Kaniama, il a une direction générale Est-Sud-Est; son action est moins forte le matin et le soir, mais il doit être considéré comme un facteur permanent dont il y a lieu de tenir compte.

Pour avoir un maximum de régularité dans l'arrosage, il faut disposer les rampes d'aspersion perpendiculairement à la direction des vents dominants et, sur les rampes, réduire l'écartement (entre les arroseurs) prévu par le constructeur.

(b) Il faut éviter de surestimer les consommations d'eau au cours du premier mois de végétation. Dans l'essai, ce mois a coïncidé avec le mois de juillet qui fut exceptionnellement sec et les résultats suggèrent une présomption en faveur des traitements ayant comporté l'arrosage à dose faible (2,5 à 3 mm par jour).

Pour la fréquence des arrosages, il faut tenir compte de la texture du sol. En sol lourd, il importe peu que l'intervalle entre deux arrosages soit de quatre ou de sept jours, tandis qu'en sol léger, il conviendrait d'adopter l'intervalle de quatre jours.

(c) Les doses à appliquer après le premier mois de culture dépendent du pouvoir évaporant de l'atmosphère et doivent, par conséquent, varier suivant le moment de la saison. Dans l'essai, les doses de 7 mm par jour se sont avérées nettement excessives pendant le deuxième mois de végétation qui coïncida avec une sensible atténuation du pouvoir évaporant l'air (août : nébulosité, pluies, vents moins forts venant du Nord-Ouest). Cependant, si les conditions du mois de juillet avaient coïncidé avec le deuxième mois de végétation, il est certain, dit G. VALLAEYS que des consommations de 7 mm et plus auraient été observées.

Le même auteur conseille aux planteurs de se référer à certaines mesures simples telles que celles que fournissent les évaporomètres de PICHE pour au moins évaluer les fluctuations du pouvoir évaporant de l'air et l'ordre de grandeur de ces variations.

(d) Pour assurer la reprise, en cas de plantation en conditions de pleine saison sèche, il est conseillé de procéder comme suit :

— Arrosages copieux en deux passages pendant les trois jours qui précèdent la plantation : deux aspersion de 30 mm;

— S'il y a lieu (plantation de fin d'après-midi), arrosage léger avant la mise en place;

— Arrosages fréquents pendant les quatre jours qui suivent la mise en place : 10 mm par jour mais en deux passages;

— Ensuite, interruption de plus ou moins sept jours.

E — *Essai de 1960.*

1. Schéma et réalisation de l'essai.

a. *Protocole.*

En 1960, nous avons essayé de réaliser le protocole qui avait été prévu par G. VALLAEYS pour 1958. L'humidité du sol est déterminée par les échantillons journaliers. Les buts de l'expérience sont de déterminer :

1° Les besoins en eau d'une culture de tabac du type White Burley.

2° La réponse de la culture à divers degrés de dessiccation de la couche de sol explorée par le système racinaire ou, en d'autres termes, à diverses combinaisons doses-fréquences assurant pour des degrés de dessiccation différents, la réhumectation de cette couche de sol.

3° L'effet sur la culture d'une réduction pendant toute la durée du cycle cultural ou pendant certaines phases caractéristiques de ce cycle, de la dose globale d'eau appliquée, réduction obtenue par des combinaisons doses-fréquences choisies arbitrairement.

b. *Objets.*

Les huit objets mis en comparaison dans l'essai sont définis de la façon suivante :

Objet 1. — Aspersion pendant tout le cycle cultural, chaque fois qu'à la profondeur de référence la quantité d'eau disponible est réduite de 40 % et à concurrence du rétablissement à sa capacité de rétention de la couche explorée par la partie dense du système racinaire.

Objet 2. — Semblable à l'objet 1 mais aspersion quand la quantité d'eau utile est réduite de 70 %.

Objets 3 et 4. — Irrigation aux dates déterminées dans les objets 1 et 2 mais à raison des deux tiers des doses de ces objets.

Objets 5 et 6. — Irrigation semblable à celle des objets 3 et 4 pour la période allant du premier au trentième jour de plantation puis le reste du cycle cultural est traité respectivement comme dans les objets 1 et 2.

Objet 7. — Semblable à l'objet 1 du premier au soixantième jour de végétation, arrêt des aspersion ensuite.

Objet 8. — Semblable à l'objet 1 du premier au septante-cinquième jour, arrêt des aspersion ensuite.

c. Détermination des dates et des doses d'arrosage.

Dates. — La profondeur de référence choisie est de 25 cm à partir du collet de la plante après le troisième buttage, c'est-à-dire de 15 cm à partir du niveau initial du sol. Des échantillons de sol sont donc pris journallement à ce niveau.

Doses. — L'épaisseur de la couche de sol à réhumecter (*e*) est fixée à 25 cm jusqu'au troisième buttage et à 30 cm par la suite; cette couche correspond à 20 cm de sol labouré plus la terre apportée par les buttages.

La dose théorique d'irrigation est donnée par la formule :

$$Q = \frac{(FC - q) \times d \times e}{100}$$

où *Q* = dose en millimètres;

FC = capacité de rétention en champ, en pour cent du poids sec;

q = humidité moyenne de la couche *e* le jour de l'arrosage, en pour cent du poids sec;

d = densité apparente;

e = épaisseur de la couche à réhumidifier, en millimètres.

Malheureusement, le protocole ne peut être suivi que pendant trente-huit jours car, à partir du 10 juillet, des circonstances imprévisibles ne permettent plus la prise quotidienne des échantillons de sol. Les dates d'arrosage et les doses sont alors fixées pour tout le restant du cycle cultural en se basant sur les résultats obtenus antérieurement. L'essai ne permettra donc pas de connaître les consommations réelles pendant les deux derniers mois de culture.

d. *Dispositif expérimental.*

L'essai est réalisé en blocs incomplets partiellement équilibrés [BOSE *et al.*, 1954]. Ce dispositif expérimental comprend huit blocs renfermant chacun quatre objets et chaque objet est répété quatre fois; le nombre total de parcelles est donc de trente-deux.

La parcelle expérimentale a une superficie de 15×15 m, soit 225 m^2 , et elle renferme quatre cent cinquante plants (écartement de $1 \times 0,5$ m). La parcelle observée reprend les nonante-huit plans se trouvant au centre de la parcelle expérimentale (sept lignes de quatorze plants); la superficie de la parcelle observée doit être fortement réduite, étant donné la difficulté d'avoir une aspersion régulière quand les arroseurs doivent travailler en secteur de 90° .

e. *Sol. — Fumure.*

L'essai est installé sur sol rouge Kaniama et on applique, par hectare, 750 kg d'engrais de la formule utilisée pour le tabac Kentucky (6-16-12); cette fumure est donnée en deux applications (trouaison, deuxième buttage).

f. *Réalisation de l'essai.*

Les divers travaux sont réalisés aux dates reprises ci-dessous :

- Le 30 mai : trouaison et application d'engrais (deux tiers de la dose);
- Le 2 juin : plantation;
- Le 15 juin : premier buttage;
- Le 20 juin : deuxième buttage et application d'engrais (un tiers de la dose);
- Le 2 juillet : troisième buttage et épamprément;
- Du 7 au 30 juillet : écimages;
- Du 12 août au 27 septembre : récoltes (10).

2. **Détail des irrigations.**

Le tableau II (p. 28-29) reprend les dates d'irrigation et les doses appliquées aux différents objets (en millimètres).

3. **Résultats.**

Le tableau III (p. 30) donne les productions des différents objets (moyennes pour les quatre répétitions) en kilogrammes de tabac par hectare, le prix moyen obtenu à la vente et le rendement en francs par hectare.

Tableau II.
Détail des irrigations en 1960.

Dates	Doses								Remarques	
	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8		
30 mai	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
1 juin	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	
	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	Irrigation avant plan- tation.
2 juin	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	Irrigation de reprise.
3 juin	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
4 juin	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
5 juin	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
6 juin	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	
13 juin	16,5	19,9	11,0	13,3	11,0	13,3	16,5	16,5	16,5	Irrigation du premier mois.
15 juin	28,4	33,4	18,9	22,3	18,9	22,3	28,4	28,4	28,4	
19 juin	24,7	38,1	16,4	25,4	16,4	22,3	24,7	24,7	24,7	
23 juin	27,0		18,0		18,0		27,0	27,0	27,0	
25 juin										
30 juin										
1 juillet	96,6	91,4	64,3	61,0	64,3	61,0	96,6	96,6	96,6	
5 juillet	35,0	45,4	23,5	30,2	35,0	45,4	35,0	35,0	35,0	
9 juillet										
10 juillet	31,2		20 8	31 2	31 2	31 2	31 2	31 2	31 2	

25 juillet	40,0	23,3	26,7	40,0	35,0	35,0	206,2	Irrigation du deuxième mois.
26 juillet	35,0	23,3			35,0	35,0		
31 juillet	35,0	23,3			35,0	35,0		
2 août	40,0		26,7	40,0				
	206,2	137,5	106,9	160,4	206,2	206,2	206,2	
5 août	35,0	23,3			35,0			
9 août			23,2	35,0			35,0	
10 août	35,0	23,3			35,0			
15 août	35,0	23,3			35,0			
17 août			26,7	40,0				
20 août	35,0	23,3			35,0			
24 août			23,3	35,0				
25 août	35,0	23,3			35,0			
30 août	35,0	23,3			35,0			
1 sept.	40,0		26,7	40,0				
	210,0	139,8	100,0	150,0	210,0	105,0	105,0	Irrigation du troisième mois.
2 sept.								Pluies : 31,1
9 sept.								Pluies : 7,0
11 sept.								Pluies : 7,2
15 sept.								Pluies : 0,9
16 sept.								Pluies : 0,1
17 sept.								Pluies : 10,5
19 sept.								Pluies 27,6
	512,8	341,6	267,9	371,4	480,5	302,8	407,8	Totaux irrigation. (1 ^{er} - 2 ^e - 3 ^e mois).

L'examen statistique des résultats montre que l'essai est significatif au seuil $P = 0,05$, mais en calculant la plus petite différence significative entre les moyennes, on constate que seul le traitement 6 est statistiquement inférieur aux traitements 3, 1, 2 et 4.

Il n'est donc pas possible de différencier les autres traitements et on peut seulement dire que les traitements 3, 2 et 1 *semblent* les meilleurs; c'est dans ces trois objets qu'on obtient en même temps les plus fortes productions et le meilleur prix moyen.

Tableau III.

Rendements de l'essai de 1960.

Objets	Production (kg/ha)	Prix moyen (F/kg)	Rendement (F/ha)
1	2 127	41,12	87 432
2	2 186	40,09	87 643
3	2 241	40,59	90 954
4	2 162	38,94	84 171
5	2 077	39,57	82 173
6	1 884	38,11	71 792
7	2 072	39,91	82 691
8	2 001	39,77	79 570
Moyennes	2 094	39,79	83 303

4. Conclusions.

Quoique l'essai ne soit pas très significatif, les résultats obtenus et les observations faites en cours d'expérience permettent cependant de préciser les qualités d'eau nécessaires à la réussite du tabac White Burley dans des conditions édaphiques, climatiques et culturales semblables à celles de l'essai.

Les doses et fréquences que nous donnons ci-dessous s'appliquent à des conditions de pleine saison sèche; pour les champs plantés à la fin de la saison des pluies elles doivent être réduites en tenant compte des pluies et du pouvoir évaporant de l'air.

a. *Irrigation de reprise.*

En appliquant les doses préconisées par G. VALLAEYS, la reprise est quasi totale.

b. *Irrigation pendant le premier mois.*

En 1960, le meilleur résultat est obtenu avec une dose moyenne journalière de 3 mm et un intervalle moyen de six jours entre les arrosages.

Cependant, la consommation en eau par le tabac augmente évidemment avec le développement des plants. Au début, après les irrigations de reprise, le sol est gorgé d'eau et le jeune plant commence à former ses racines et il consomme très peu d'eau. Puis la quantité d'eau nécessaire à son bon développement augmente progressivement pour atteindre une moyenne journalière de 4 à 5 mm à la fin du premier mois de culture. Il est donc bon d'augmenter progressivement les doses d'irrigation au cours du premier mois de végétation.

Pour l'essai de 1960, les consommations moyennes journalières dans les parcelles qui ont eu le meilleur rendement sont, *grosso-modo*, les suivantes :

Périodes	Intervalles entre deux irrigations	Consommations journalières	Doses périodiques
Fin des irrigations de reprise :			
Première irrigation . .	7 jours	2,0 mm	14 mm
Première et deuxième irrigations	6 jours	2,5 mm	15 mm
Deuxième et troisième irrigations	6 jours	3,5 mm	21 mm
Troisième et quatrième irrigations	5 jours	4,0 mm	20 mm
	24 jours		70 mm

soit ± 3 mm par jour et une fréquence moyenne de six jours.

Comme on peut le constater, la dose moyenne journalière périodique passe progressivement de 2 à 4 mm et les intervalles entre les irrigations sont réduits de sept à cinq jours.

c. *Irrigations des deuxième et troisième mois.*

Le meilleur rendement est obtenu avec une dose moyenne journalière de 5 mm et un cycle d'arrosage de cinq jours, soit 25 mm par arrosage.

Les irrigations doivent être arrêtées après une durée de végétation de plus ou moins 90 jours, suivant la maturation des feuilles.

Remarques.

Les parcelles qui reçoivent les quantités d'eau renseignées plus haut (objet 3), ont une production moyenne de 2 241 kg de feuilles par hectare, à un prix moyen de 40,586 F, soit un rendement de 90 954 F/ha.

Cependant, d'autres parcelles qui reçoivent des doses journalières très semblables mais à des intervalles plus grands entre les arrosages, ont un rendement à peine plus faible. Ainsi, dans l'objet 2, la pluviosité est de 3,6 mm par jour avec un cycle de huit jours pendant le premier mois, puis de 5 mm par jour avec un cycle de sept ou huit jours pendant les mois suivants et il a un rendement de 87 643 F/ha.

Dans l'objet 1, le cycle est le même que dans l'objet 3 mais la pluviosité est plus forte : 4,2 mm/jour pendant le premier mois, puis 7,0 mm pendant la période qui suit et cet objet a un rendement moyen de 87 432 F/ha.

Enfin, d'autres parcelles où la dose moyenne journalière est de 2,4 mm (tous les huit jours), puis de 3,3 mm (tous les sept ou huit jours), ont un rendement encore fort acceptable.

On en conclut provisoirement que, dans des conditions semblables à celles de l'essai, la réussite de la culture est assurée si on applique une dose journalière de 3 à 4 mm à des fréquences de six à huit jours pendant le premier mois de végétation, puis une dose de 5 à 7 mm tous les cinq à huit jours pendant les mois suivants.

Il faut cependant veiller à ce que la dose donnée en une seule irrigation ne dépasse pas la quantité d'eau que le sol peut retenir dans la couche exploitée par les racines du tabac. Si il y a excès d'eau, cette eau est perdue pour la culture et elle entraîne les engrais dans une zone trop profonde où ils ne sont plus récupérables par la plante. Un sondage (à la bêche) fait 48 h après l'irrigation, permet de se rendre compte de la profondeur atteinte par l'eau.

Notons encore que la pluviosité ne doit pas être plus grande que la vitesse d'absorption de l'eau par le sol; ainsi, pour les sols rouges Kaniama, il est à conseiller de ne pas dépasser une pluviosité horaire de 10 mm.

Étant donné qu'on ne peut pas contrôler les consommations réelles pendant les deuxième et troisième mois de culture, l'essai ne permet pas de déterminer avec exactitude les doses qu'on aurait dû appliquer. On peut seulement délimiter une zone de sécurité (5 à 7 mm) qu'il suffit de respecter pour être pratiquement certain d'obtenir un bon rendement, toutes autres conditions mises à part, évidemment.

F. — *Essai sous abri vitré.*

1. Schéma et réalisation.

En 1961, un essai conduit sous abri vitré vise à déterminer la variation de la consommation en eau par le tabac en fonction de son âge et suivant le cycle d'arrosage.

Après un séjour normal en pépinière, des plants de tabac White Burley sont repiqués dans des pots en éternit contenant, en moyenne, 18 kg de terre (poids sec) originaire du champ prévu pour l'essai de l'année. Ces pots sont placés sur des tables sous un abri avec une toiture vitrée.

L'essai comporte huit objets : le premier est arrosé tous les jours, le deuxième tous les deux jours et ainsi de suite jusqu'au huitième.

Chaque arrosage apporte un excès d'eau et l'eau qui percole est recueillie dans des récipients placés en permanence sous les pots. La différence entre le volume d'eau apporté et le volume d'eau ainsi recueilli donne le déficit du sol en eau qui est égal à la somme des quantités d'eau, d'une part, absorbées par la plante, d'autre part, évaporées à la surface du sol depuis l'arrosage précédent. Notons que pour éviter la perte de substances nutritives entraînées par les eaux de percolation, ces eaux sont restituées individuellement à chaque plante lors de l'arrosage suivant.

Chaque objet renferme trois plants de tabac numérotés 1, 2 et 3. Les pots sont disposés de telle façon que les huit tabacs n° 1 sont pratiquement dans les mêmes conditions climatiques (même exposition à la lumière, au vent, etc.) et il en est de même pour les tabacs n°s 2 et 3. Ainsi, dans un objet, l'évapotranspiration peut varier légèrement d'un plant à l'autre suivant son emplacement dans l'abri mais la moyenne de l'évapotranspiration des trois plants est comparable avec la moyenne obtenue dans un autre objet. Pour éviter les « effets de bordure », l'ensemble de l'essai est entouré d'autres plants de tabac.

Les tabacs sont repiqués le 14 avril; ils sont tous arrosés pendant les trois jours qui suivent, pour assurer la reprise, puis on attend huit jours avant d'appliquer un arrosage uniforme qui ramène le taux d'humidité dans le sol au niveau de la capacité de rétention en champ; alors on commence les mesures de consommation.

Les plants sont épamprés normalement et tous écimés à treize feuilles. Les récoltes des feuilles s'échelonnent depuis le 11 juin (cinquante-neuvième jour) jusqu'au 19 juillet (nonante-septième jour).

Les feuilles sont séchées à l'étuve et on en détermine le poids sec; comme après un séchage normal à l'air, il reste environ 16 % d'eau dans le tabac, les « poids secs » sont retransformés en « poids de feuilles séchées à l'air ».

Parallèlement à cette expérience en pots, six autres plants de tabac sont cultivés dans des cuves cubiques, en tôles, de 50 cm d'arête et renfermant plus ou moins 100 kg de terre (poids sec). Trois de ces plants sont arrosés tous les jours et les trois autres tous les huit jours. Malheureusement, en cours d'expérience, quatre tabacs sont atteints de flétrissement bactérien. Finalement, il ne reste plus qu'un plant de chaque objet (C 4 et C 8) et ces deux plants ne jouissent pas exactement des mêmes conditions climatiques dans l'abri; le plant C 8 est nettement plus exposé au vent, notamment.

2. Évolution de l'essai.

Pendant le premier mois de végétation, les différences entre les objets ne sont guère visibles mais, par la suite, elles se marquent très fort. Les mensurations de hauteur des plants faites pendant le deuxième mois de culture, ainsi que les poids des feuilles, dont les chiffres sont repris dans le tableau IV, sont très significatifs.

Les trois premiers objets ont à peu près le même développement végétatif et la même production tandis que la grandeur et la vigueur des plants diminuent quand l'intervalle entre deux arrosages dépasse trois jours. A partir du 25 mai, les tabacs des objets 4 à 8 se distinguent de ceux des trois premières séries par leur développement nettement plus petit mais également par la teinte du feuillage: les feuilles de la base jaunissent déjà. Les plants de l'objet 8 ont un rendement approximativement égal aux deux tiers de celui de l'objet 1.

Notons que pour une densité de 20 000 plants à l'hectare, les objets 1, 2 et 3 auraient un rendement voisin de 750 kg, soit environ le tiers du rendement moyen obtenu dans l'essai de 1960.

Tableau IV.
Essai sous abri vitré.
Développement végétatif et rendements.

Objets	Hauteur moyenne à partir du collet (cm)			Poids des feuilles (g)
	17 mai (34 ^e jour)	25 mai (42 ^e jour)	13 juin (61 ^e jour)	
1	56	72	102	36,11
2	57	79	101	38,07
3	54	74	100	36,13
4	53	60	89	32,42
5	50	64	79	30,54
6	51	57	71	27,51
7	48	54	57	22,88
8	46	50	55	24,88
C4	50	77	118	55,42
C8	50	76	109	77,75

Remarque.

Le développement végétatif nettement plus faible des cinq derniers objets est dû à la trop petite quantité d'eau globale mise à la disposition des plants. En effet, un pot contient un poids sec de terre moyen de 18 kg; si on se base sur une valeur de la capacité de rétention en champ égale à 30,3 et de point de flétrissement égale à 16,3, on a 14 % d'eau disponible pour la plante, soit 2 520 cm³. Comme on le verra plus loin, ce volume d'eau est pratiquement consommé trois jours après l'arrosage et alors les plants souffrent d'autant plus de la sécheresse que leur cycle d'arrosage est plus long.

Il faut remarquer que l'évapotranspiration totale pour un cycle dépasse souvent cette valeur car, lorsque le cycle est long, le sol se dessèche fortement en surface et le pourcentage d'eau descend

sous le niveau du point de flétrissement, mais la transpiration par la plante est inférieure à cette valeur car une partie de l'eau disponible est perdue par évaporation.

Dans les cuves métalliques, les plants ont environ 14 000 cm³ à leur disposition, c'est ce qui explique que, même avec un cycle de huit jours, le plant C 8 semble peu souffrir de la longueur de ce cycle; son rendement est plus du double du rendement moyen des plants de l'objet 1 mais ici il y a la question de la quantité de terre exploitée par les racines qui joue.

3. Évapotranspiration.

Les chiffres d'évapotranspiration journalière moyenne, calculée pour des périodes de huit jours, des objets 1 à 8 et des plants C 4 et C 8, sont repris dans le tableau V. Ce tableau est complété par les données d'évaporation mesurée, à l'intérieur de l'abri, au moyen d'un évaporomètre de PICHE.

Avant d'analyser les chiffres de ce tableau, il est bon de rappeler qu'ils représentent l'évapotranspiration moyenne de trois plantes cultivées dans des conditions bien spéciales, nettement différentes de celles d'une culture en champ.

De plus, les pots employés ne sont pas tout à fait hermétiques et leur porosité varie parfois fortement d'un pot à l'autre. Par conséquent, l'évaporation à la surface du sol s'additionne d'une évaporation qui se fait à la périphérie du pot, cette dernière variant suivant la porosité des parois. Ainsi, les pots n^{os} 1 et 3 de l'objet 2 sont très poreux (après un arrosage l'eau suinte légèrement sur les parois latérales), ils évaporent donc plus que leurs vis-à-vis dans l'objet 1, ce qui explique qu'au début du cycle végétatif l'objet 2 a une évapotranspiration moyenne supérieure à celle de l'objet 1, qui est arrosé journellement. A ce stade, la transpiration par les jeunes plants est faible et l'évapotranspiration est surtout influencée par l'évaporation à la surface du sol et à travers les parois des pots. Par la suite, les plants de tabac protègent mieux le substrat et son contenant et l'évaporation diminue tandis que la transpiration augmente, l'évapotranspiration de l'objet 1 devient alors supérieure à celle de l'objet 2. Après la récolte des plants de tabac, les mesures de l'évaporation du sol nu sont continuées pendant trois semaines; ces mesures montrent également que les pots de l'objet 2 évaporent plus d'eau que ceux de l'objet 1, bien qu'ils ne soient arrosés que tous les deux jours. On en conclut que les chiffres du tableau V ne sont comparables que lorsque la transpiration par les plantes devient assez importante, soit à partir du deuxième mois de culture.

Tableau V.

Essai sous abri vitré. — Évapotranspiration.

Dates	Age de la plante (jours)	Évapotranspiration moyenne journalière (cm)										Évaporomètre PICHE (cm ³)	
		0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	C 4	C 8		
26/4 - 3/5	13 - 20	443	500	376	372	360	324	319	293	293	625	681	3,4
4/5 - 11/5	21 - 28	466	568	439	382	409	368	345	297	297	720	906	3,1
12/5 - 19/5	29 - 36	716	771	606	535	466	410	378	323	323	897	1 107	2,4
20/5 - 27/5	37 - 44	1 303	1 188	855	601	494	444	432	339	339	1 544	1 681	3,8
28/5 - 4/6	45 - 52	1 607	1 264	857	666	520	445	407	370	370	2 062	1 615	3,7
5/6 - 12/6	53 - 60	1 117	1 075	852	663	544	462	422	371	371	2 142	1 701	3,5
13/6 - 20/6	61 - 68	905	1 038	815	636	537	442	396	365	365	1 930	1 551	3,9
21/6 - 28/6	69 - 76	690	835	714	586	480	422	398	351	351	1 225	1 434	4,9
29/6 - 6/7	77 - 84	663	836	673	557	465	423	393	354	354	980	1 340	7,0
7/7 - 14/7	85 - 92	626	742	585	497	449	387	381	329	329	722	951	6,8
15/7 - 22/7	93 - 100	530	621	522	415	374	365	366	326	326	727	591	6,3
23/7 - 30/7	101 - 108	345	416	369	300	316	334	377	255	255	476	538	3,7
31/7 - 7/8	109 - 116	440	520	428	372	349	323	341	289	289	610	664	5,0

Les valeurs de l'évapotranspiration sont reportées sur le graphique de la figure 3 ci-après pour les objets 1, 2, 3 et 4 et pour les plants C 4 et C 8. Nous n'avons pas tracé les courbes des objets 5 à 8 car elles sont encore plus aplaties que celle de l'objet 4 et elles ne sont pas intéressantes. L'évapotranspiration pendant la période de végétation jusqu'à la première récolte est représentée en trait continu; le trait interrompu correspond à la période de récolte des feuilles et le trait pointillé représente l'évaporation après la suppression des plants.

L'examen des chiffres du tableau V et de la figure 3 permet de faire les constatations suivantes :

(a) A un certain stade végétatif, dans l'objet 3 et les suivants, la transpiration par les plantes est limitée à la quantité d'eau disponible dans les pots.

— Dans l'objet 1, l'évapotranspiration reste toujours nettement inférieure à la quantité d'eau disponible pour les plantes ($\pm 2\ 520\text{ cm}^3$).

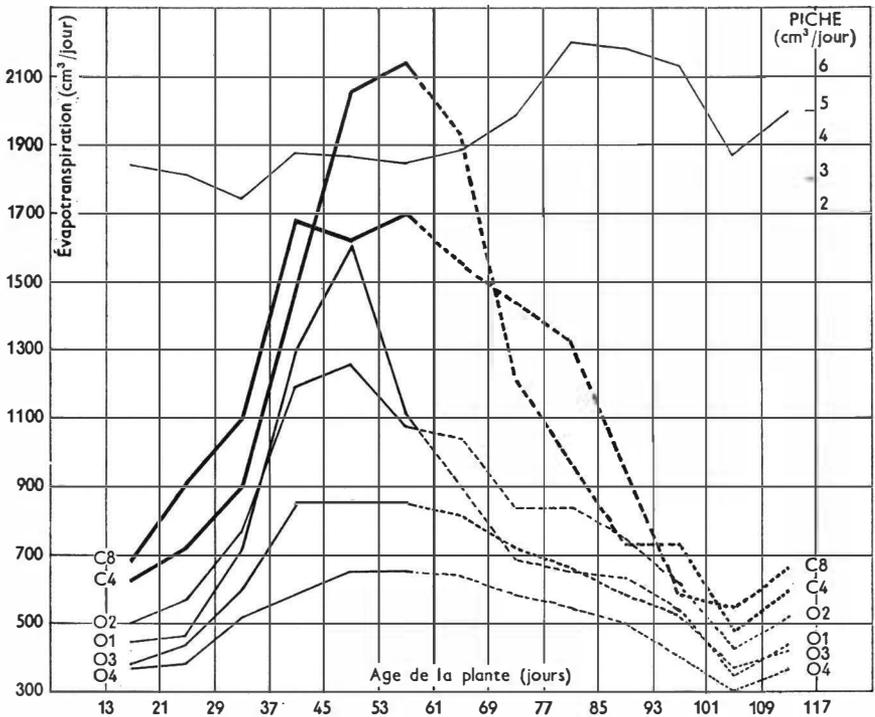


Fig. 3. — Évapotranspiration, essai sous abri vitré.

— Dans l'objet 2, au moment où l'évapotranspiration est la plus forte, la transpiration par les tabacs frôle ou atteint le maximum possible. En effet, du quarante-cinquième au cinquante-troisième jour, on a une consommation moyenne de $1\,264\text{ cm}^3$, soit de $2\,528\text{ cm}^3$ pour deux jours, et du cinquante-deuxième au cinquante-troisième jour, on enregistre un total de $2\,807\text{ cm}^3$. Mais, en surface, le sol évapore beaucoup et l'humidité peut descendre en dessous du point de flétrissement, il est donc difficile de dire si la plante a épuisé toute l'eau disponible dans les couches plus profondes.

— La courbe de l'objet 3 montre que, pendant le deuxième mois de végétation, l'évapotranspiration atteint un palier situé aux environs de 850 cm^3 . Le maximum de consommation enregistré pour trois jours est de $2\,571\text{ cm}^3$, chiffre à peine supérieur à $2\,520$.

— L'évapotranspiration atteint un maximum journalier de 666 cm^3 dans l'objet 4, ce qui correspond à $2\,664\text{ cm}^3$ pour les quatre jours.

Donc, plus le cycle est long, plus le chiffre maximal atteint par l'évapotranspiration (moyenne par période) est petit car, d'une part, l'évaporation moyenne pour la période diminue et, d'autre part, la transpiration moyenne par la plante diminue également puisque la quantité totale d'eau consommée par la plante est limitée au volume d'eau utile dans la terre du pot.

(b) Pendant le premier mois de culture, la transpiration par les plantes est très faible et vraisemblablement la même pour tous les objets. Les différences entre les moyennes périodiques de l'évapotranspiration sont certainement dues uniquement à l'évaporation qui, elle, varie suivant le cycle d'arrosage et suivant la porosité des pots (et le pouvoir évaporant de l'air).

(c) A la fin du premier mois de végétation, les courbes de l'évapotranspiration subissent une brusque ascension et, cela, malgré une diminution assez forte du pouvoir évaporant de l'air et les différences entre les objets deviennent plus importantes.

Pour la période allant du vingt-neuvième au trente-sixième jour, on constate déjà un décalage entre les courbes des objets 1 et 2, d'une part, et celles des objets 3 et 4, d'autre part. A ce moment, les plants des objets 3 et 4 ne consomment pas encore la totalité de l'eau disponible. On peut supposer que pendant les deux jours qui suivent l'arrosage, ces plants transpirent approximativement la même quantité d'eau que ceux de l'objet 2 mais, ensuite, il y a un ralentissement de la transpiration car, après deux jours de consommation, la quantité d'eau utile restant dans le sol est déjà assez faible et plus difficilement assimilable par la plante. Il s'en suit

que la consommation moyenne pour la période est plus faible que pour les deux premiers objets.

(d) Le maximum de l'évapotranspiration est atteint vers le cinquantième jour dans les objets 1 à 4 et un peu plus tard pour les autres objets. Ce maximum est bien marqué dans les objets 1 et 2 tandis que dans les autres objets, la transpiration est limitée au volume d'eau utile dans le sol et ainsi l'évapotranspiration atteint un palier qui reste plus ou moins constant pendant un certain temps. Ce palier est atteint entre le trente-septième et le quarante-cinquième jour dans l'objet 3, entre le quarante-cinquième et le cinquante-troisième jour dans l'objet 4 et entre le cinquante-troisième et le soixantième jour pour les autres objets. Ce décalage s'explique par le fait que, à partir de la fin du premier mois de culture, la consommation par les plantes est freinée suite à la trop petite quantité d'eau utile mise à leur disposition. Il est donc probable que plus le cycle est long, plus il faut de temps pour que les tabacs développent un système racinaire suffisant pour exploiter l'entièreté de la terre des pots.

Pour l'objet 1, le maximum de l'évapotranspiration vaut plus du triple de la consommation moyenne du premier mois et plus du double pour l'objet 2.

(e) Après avoir atteint son maximum, l'évapotranspiration diminue brusquement dans les objets bien pourvus en eau; les variations sont d'autant moins fortes que le cycle d'arrosage est plus long.

Pendant la période de récolte, la transpiration dépend du nombre de feuilles restant sur les plants. Comme la vitesse de maturation varie suivant les objets, il est difficile de faire une comparaison entre ces derniers. On constate, par exemple, qu'à partir de la première récolte, l'évapotranspiration de l'objet 2 redevient supérieure à celle de l'objet 1, mais la maturation est plus rapide dans l'objet 1 : le 11 juin on récolte, en moyenne, six feuilles par plant dans l'objet 1 et trois dans l'objet 2.

(f) Après les récoltes, les graphiques représentent l'évaporation du sol nu et des pots, cette évaporation suit les fluctuations du pouvoir évaporant de l'air mesuré à l'évaporomètre de PICHE.

(g) Pour les trois premiers objets, on obtient pratiquement le même développement végétatif moyen et la même production, quoique la transpiration soit limitée par le manque d'eau dans l'objet 3 certainement. Un léger freinage de la consommation ne provoque donc pas une importante chute de production.

(h) Les graphiques des plants C 4 et C 8, cultivés dans les cuves métalliques, ont une allure générale semblable à celles des graphiques des objets 1 et 2.

Comme pour l'objet 2, quand la consommation est très forte, l'évapotranspiration du plant C 8 atteint pratiquement le maximum possible; en effet, pour la période du cinquante-troisième au soixantième jour, on a une valeur journalière moyenne de $1\,701\text{ cm}^3$, soit $13\,608\text{ cm}^3$ pour les huit jours, valeur très proche du maximum qui est égal à $\pm 14\,000\text{ cm}^3$. Pour le plant C 4, il reste toujours suffisamment d'eau disponible dans le sol.

Pour ces deux tabacs, l'évapotranspiration maximale est atteinte vers le soixantième jour.

Au début et à la fin du cycle végétatif, la consommation moyenne du plant arrosé tous les huit jours est plus forte que celle du plant arrosé tous les quatre jours. Cela s'explique par le fait que le plant C 8, bien que plus petit que C 4, est plus large et plus vigoureux et il a un rendement supérieur à celui de C 4; sa maturation est plus lente et la dernière récolte est effectuée huit jours après celle de C 4. De plus, suite à son emplacement dans l'abri, la cuve C 8 a une évaporation supérieure à celle de la cuve C 4.

Comme il ne subsiste qu'un plant dans chacun de ces objets, il est impossible de savoir pourquoi le plant C 8 s'est mieux développé que le plant C 4. Ces deux tabacs ont pratiquement toujours eu suffisamment d'eau à leur disposition pour avoir un développement normal (dans les conditions de l'essai) et il se peut que d'autres facteurs entrent en ligne de compte, tels que l'aération du sol, le mouvement des engrais, etc. Si les besoins en eau du tabac sont aussi bien couverts par des arrosages appliqués tous les huit jours que par des arrosages tous les quatre jours, il est certain que le cycle de huit jours est à préconiser car, avec un tel cycle, le sol est mieux aéré (moins souvent gorgé d'eau). En outre, il ne faut pas oublier que dans l'essai, les arrosages apportent un excès d'eau qui entraîne les matières nutritives; les eaux de percolation et les éléments fertilisants qu'elles contiennent sont restitués à la plante lors de l'arrosage suivant mais ce mouvement de va et vient des matières nutritives n'est certainement pas favorable à une bonne assimilation par la plante.

Le plant C 8 a un rendement de $77,75\text{ g}$ de feuilles, ce qui correspond à $1\,555\text{ kg}$ de tabac à l'hectare; ce rendement se rapproche déjà du rendement moyen obtenu dans l'essai de 1960. Pour ce plant, l'évapotranspiration maximale journalière est de $1\,700\text{ cm}^3$

ou de 6,8 mm puisque la surface réceptrice est de 0,25 m². Pour le plant C 4, l'évapotranspiration atteint la valeur de 8,6 mm par jour.

4. Conclusions.

De ce qui précède, on peut tirer les conclusions suivantes :

1. Pendant le premier mois de végétation, et principalement pendant les vingt premiers jours, le tabac transpire très peu d'eau. L'évapotranspiration dépend, en ordre principal, de l'évaporation du substrat qui, elle, est en relation avec le pouvoir évaporant de l'atmosphère.

2. La transpiration augmente avec l'âge du tabac et, quand le sol est suffisamment pourvu en eau, l'augmentation est très forte pendant le deuxième mois; elle atteint un maximum entre le cinquantième et le soixantième jour de végétation. Si les arrosages sont insuffisants (ou trop espacés), l'ascension de la courbe est moins rapide et si, suite au manque d'eau, le tabac subit un retard dans son développement, le maximum de l'évapotranspiration est atteint plus tardivement.

L'évapotranspiration dépend toujours, pour une part, du pouvoir évaporant de l'air, qui a une influence sur l'évaporation du sol et sur la transpiration de la plante, mais c'est de loin le développement du tabac qui devient le facteur essentiel de la consommation. Celle-ci peut doubler depuis la fin du premier mois de végétation jusqu'à la maturation des premières feuilles.

3. Pendant la période de maturation, les besoins en eau dépendent principalement du développement atteint par le tabac et de la vitesse de maturation. Plus le maximum de l'évapotranspiration est élevé, plus la chute de la courbe est rapide.

4. Toutes autres conditions étant égales, la transpiration par le tabac est fonction de la quantité d'eau disponible dans le sol; la longueur du cycle d'arrosage n'a donc pas une influence directe sur cette transpiration.

Cependant, des arrosages trop fréquents pourraient avoir une influence néfaste si ils nuisent à la bonne aération du sol.

En champ, la durée du cycle d'arrosage dépendra de la quantité d'eau disponible que peut retenir la couche de sol exploitée par les racines et de l'évapotranspiration journalière; elle pourra donc varier suivant le stade végétatif du tabac. Les arrosages pourront être plus espacés pendant les premier et troisième mois mais l'irrigation devra être surveillée de très près pendant le deuxième mois quand la consommation est très forte.

G. — *Expérience d'évapotranspiration potentielle.*

1. Schéma et réalisation.

Pour avoir une idée de l'évapotranspiration potentielle du tabac, quelques plants sont repiqués dans des cuves lysimétriques dans une parcelle annexe au champ principal de 1961.

L'expérience comporte trois objets qui diffèrent par la dimension des cuves :

- Objet 1 : Trois cuves cubiques de 50 cm d'arrête;
- Objet 2 : Trois cuves de forme parallélépipédique, de 100×50 cm de section et de 50 cm de profondeur;
- Objet 3 : Trois cuves ayant la même section que celles de l'objet 2 mais de 80 cm de profondeur.

Chaque cuve reçoit un plant de tabac; une dixième cuve, dont la section est de 100×100 cm et dont la profondeur est de 50 cm, contient deux plants.

L'écartement en champ, pour le tabac White Burley, est de 100×50 cm. Les cuves de l'objet 1 ont donc une surface réceptrice plus ou moins équivalente à la superficie dont jouit un plant de tabac dans la butte. Les cuves des objets 2 et 3 sont disposées perpendiculairement aux lignes de tabac de la parcelle; chacune d'elles a une surface réceptrice exactement égale à l'espace dévolu à un plant dans le champ, butte et interligne compris. La cuve n° 10 n'est qu'une répétition de l'objet 2 car, pour une section double, elle contient deux tabacs.

Ces cuves sont enterrées au milieu des autres plants de la parcelle et le bord supérieur dépasse de 5 cm le niveau du sol. Comme pour toutes les cuves lysimétriques, un tuyau de drainage les relie à de petits fûts récepteurs, ces derniers se trouvant à environ 6 m du bord de la parcelle.

Les plants sont arrosés manuellement tous les deux jours et, comme dans l'essai sous abri vitré, les arrosages apportent toujours un excès d'eau que l'on mesure. On choisit un cycle de deux jours pour simplifier le travail et pour ne pas trop asphyxier le sol en le gorgeant d'eau tous les jours.

La mise en place des plants est réalisée le 27 mai au matin, le lendemain de la plantation de l'essai principal. Chaque tabac reçoit 37,5 g d'engrais de la formule 6-16-12, en deux applications.

Par la suite, toutes les opérations culturales sont effectuées en même temps que dans le champ. Les écimages se font du 14 au 22 juillet : on écite quand la première fleur s'ouvre et au-dessus de la dernière feuille ayant 25 cm de longueur; le nombre de feuilles conservées peut donc varier d'un plant à l'autre.

Les tabacs des cuves lysimétriques se trouvent donc pratiquement dans les mêmes conditions que ceux du champ principal : ils sont plantés en même temps, dans le même sol et ils sont entourés d'autres plants. Mais il n'est pas possible de réaliser les mêmes buttages que dans le champ car les plants des cuves doivent être isolés de leurs voisins. De plus, les buttes résistent mal aux arrosages copieux biquotidiens, principalement dans l'objet 1 où elles sont très petites.

2. Observations en cours d'essai.

Le tableau VI donne les mensurations de hauteur faites en cours d'expérience, le nombre de feuilles conservées et les rendements par plant et par objet.

Ce tableau montre que le rendement augmente quand le volume de terre mis à la disposition de la plante est plus grand. Les tabacs de l'objet 1 ont un poids de feuilles comparable à ce que l'on a eu dans les mêmes cuves dans l'essai sous abri vitré, tandis que pour les autres objets on a un rendement se rapprochant de celui obtenu dans le champ en 1961. Ce sont les cuves les plus profondes qui donnent les meilleurs tabacs : ils produisent, en moyenne, 183,63 g de feuilles, ce qui correspond à 3 673 kg pour un hectare. Notons encore que le rendement moyen des deux plants de la cuve n° 10 est pratiquement le même que celui des plants de l'objet 2, ce qui est logique.

En général, la production est d'autant plus élevée que le développement en hauteur est plus grand mais, dans l'essai, les objets se différencient surtout par la vigueur des plants et l'épaisseur des feuilles. Ainsi, la hauteur moyenne des deux tabacs de la cuve n° 10 est supérieure à celle des plants de l'objet 3 mais le rendement est nettement plus faible car les plants sont plus effilés et les feuilles plus fines. Même pour le plant n° 10, dont la hauteur est de 145 cm, on pouvait déjà dire avant la récolte, que sa production serait inférieure à celle du tabac n° 8 ou n° 9.

Les récoltes s'échelonnent du 1^{er} août (soixante-septième jour) au 29 août (nonante-cinquième jour) dans les objets 1 et 2 et la cuve n° 10, et jusqu'au 4 septembre (cent et unième jour) pour

Tableau VI.

*Cuves d'évapotranspiration potentielle.
Développement végétatif et rendements.*

Objets ou cuves	Plants (n°)	Hauteur (cm) suivant l'âge de la plante (jours)					Nombre de feuilles	Poids sec des feuilles (g)
		32 ^e jour	42 ^e jour	59 ^e jour	75 ^e jour	88 ^e jour		
0 1	1	43	71	115	116	119	17	100,05
	2	25	48	101	101	104	14	70,24
	3	31	60	115	120	120	16	93,55
	Moyenne	33	60	109	112	114	15,67	87,95
0 2	4	40	72	116	127	127	17	144,25
	5	35	58	105	107	107	17	145,17
	6	25	47	105	115	116	17	124,61
	Moyenne	33	59	109	116	117	17,00	138,03
0 3	7	32	52	110	110	112	16	173,74
	8	33	61	107	115	127	17	193,71
	9	22	40	122	125	127	17	183,44
	Moyenne	29	51	113	117	122	16,67	183,63
Cuve n° 10	10	35	56	132	145	145	18	175,21
	11	20	42	114	124	126	14	109,64
	Moyenne	28	49	123	135	136	16,00	142,43

l'objet 3. La maturation est donc plus rapide dans les cuves les plus petites où la production est la plus faible. Ce sont les tabacs de l'objet 1 qui mûrissent le plus vite : le 1^{er} août on récolte, en moyenne, six feuilles par plant dans l'objet 1, deux dans l'objet 2 et une dans l'objet 3 et la cuve n° 10.

3. Évapotranspiration.

Le tableau VII (p. 46) reprend les valeurs de l'évapotranspiration moyenne journalière, calculées par périodes de six jours et exprimées en centimètres cubes et en millimètres d'eau.

Le calcul des hauteurs d'eau consommées (millimètres) est effectué en affectant à chaque plante la surface dont elle dispose réellement dans la cuve.

Tableau VII.

Cuves d'évapotranspiration potentielle 1961.

Age de la plante (jours)	Évapotranspiration (cm ³)			Évapotranspiration (mm)		
	0 1	0 2	0 3	0 1	0 2	0 3
3 à 8	1 125	2 075	2 000	4,50	4,15	4,00
9 à 14	1 277	2 320	2 385	5,11	4,64	4,77
15 à 20	1 225	2 335	2 225	4,90	4,67	4,45
21 à 26	1 120	2 005	1 865	4,48	4,01	3,73
27 à 32	1 502	2 520	2 380	6,01	5,04	4,76
33 à 38	2 000	3 050	2 810	8,00	6,10	5,62
39 à 44	2 860	4 075	3 735	11,44	8,15	7,47
45 à 50	2 977	4 075	3 820	11,91	8,15	7,64
51 à 56	2 955	4 130	4 510	11,82	8,26	9,02
57 à 62	1 852	2 655	3 045	7,41	5,31	6,09
63 à 68	1 780	3 010	3 600	7,12	6,02	7,20
69 à 74	1 672	3 070	3 735	6,69	6,14	7,47
75 à 80	1 755	3 590	4 485	7,02	7,18	8,97
81 à 86	1 240	2 625	3 285	4,96	5,25	6,57
87 à 92	1 250	2 925	3 720	5,00	5,85	7,44
93 à 98	—	—	1 995	—	—	3,99

Les données d'évapotranspiration en millimètres sont reportées sur le graphique de la figure 4; le trait interrompu correspond à la période de récolte des feuilles.

Pour l'objet 1, l'évapotranspiration potentielle (Évp), exprimée en centimètres cubes, est égale à la transpiration par les plants de tabac (T) plus l'évaporation par le sol de la ligne (Él), tandis que pour les deux autres objets, on a $\text{Évp (centimètres cubes)} = T + (\text{Él} + \text{Éi})$, Éi étant l'évaporation dans l'interligne.

Quand le sol est nu, ou quand il est protégé de même façon, l'évaporation est la même dans toutes les cuves si on la chiffre en millimètres puisque ainsi on ramène le volume d'eau évaporé à l'unité de surface. Une petite différence peut cependant provenir de la dimension des cuves car l'échauffement est certainement un peu plus fort quand, proportionnellement au volume de terre, la superficie des parois (tôles) est plus grande, mais cette différence est négligeable pour des récipients presque entièrement enterrés. Un contrôle effectué au courant du mois de septembre, après l'arrachage des plants, donne, pour une période de dix-sept jours, une évaporation moyenne journalière de 3,61 mm dans l'objet 1, de 3,60 mm dans l'objet 2 et de 3,51 mm dans l'objet 3.

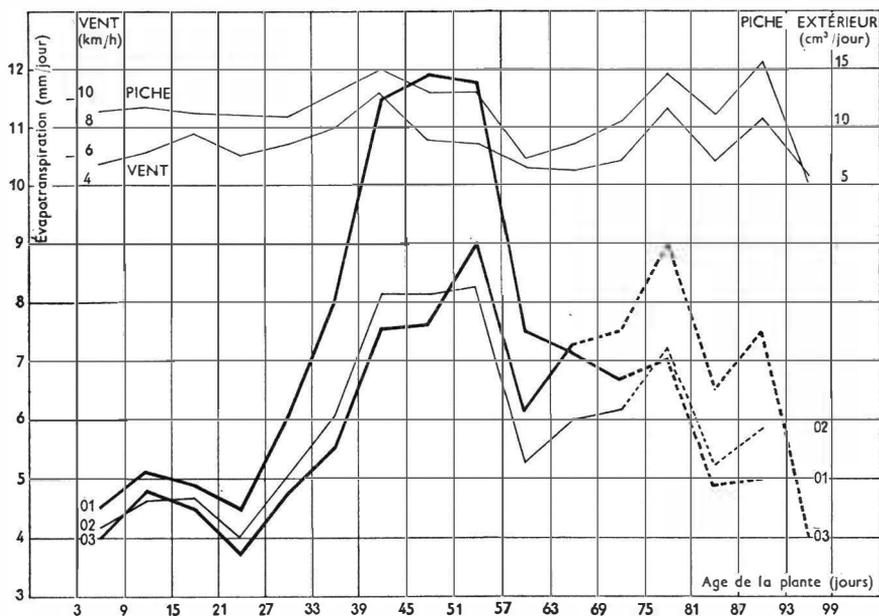


Fig. 4. — Cuves d'évapotranspiration.

Immédiatement après le repiquage des tabacs, on peut donc admettre que toutes les cuves évaporent une même hauteur d'eau. Ensuite, l'évaporation diffère d'une cuve à l'autre et d'un objet à l'autre suivant que le sol est plus ou moins protégé, donc suivant l'âge du tabac, le développement atteint par chaque plant et la dimension des récipients. Pour un même développement végétatif moyen des tabacs des divers objets, les cuves de l'objet 1 évaporent alors une hauteur d'eau moins importante puisque leur surface évaporante, qui est égale à la moitié de celle des cuves des autres objets, est proportionnellement mieux ombragée par le tabac.

Quand les plants atteignent leur développement maximal, vers la fin du deuxième mois de végétation, ils ombragent, d'une manière assez uniforme, l'entière du sol et à ce moment l'évaporation, exprimée en millimètres est, de nouveau, sensiblement la même dans toutes les cuves.

Quant au volume d'eau transpiré par les tabacs, il dépend, en ordre principal, du développement de ces derniers. Mais si les plants des trois objets transpirent la même quantité d'eau et qu'on la transforme en hauteur d'eau (millimètres) en se basant sur la surface dont disposent les plants dans les cuves, on obtient un chiffre deux fois plus grand pour les plants de l'objet 1. C'est pour cette raison que le graphique de cet objet a une allure différente de ceux des objets 2 et 3.

Le graphique de l'objet 1 ressemble certainement assez bien au graphique d'évapotranspiration potentielle que l'on aurait obtenu dans le champ si celui-ci avait été arrosé à saturation tous les deux jours. Cependant, dans un champ de tabac les buttes sont mieux formées et elles ont une surface évaporante plus grande que dans les cuves, l'évaporation par le sol y est donc plus importante. Par contre, comme dans l'interligne, il n'y a pas de consommation par les plants de tabac, le taux d'humidité est plus élevé et une partie de l'eau diffuse vers la zone plus sèche explorée par les racines. Cette diffusion latérale de l'eau de l'interligne vers la ligne est certainement plus importante pendant le premier mois de végétation quand les buttes ne sont pas encore fort élevées. Elle diminue quand les buttes ont 20 cm de hauteur mais, comme les racines de tabac pénètrent dans une couche de sol inférieure au niveau de l'interligne, elles profitent certainement encore d'une partie de l'eau provenant de cet interligne. Donc, si on pouvait mesurer exactement le déficit en eau dans les buttes d'un champ arrosé tous les deux jours, on obtiendrait certainement des chiffres légèrement inférieurs à ceux obtenus dans les cuves de l'objet 1 pour une production de matière sèche identique.

Les objets 2 et 3 donnent, approximativement, l'évapotranspiration potentielle moyenne que l'on aurait dans un champ, buttes et interlignes comprises; les chiffres sont cependant un peu sous-estimés, étant donné la différence de forme des buttes dans le champ et dans les cuves.

Pour une culture en champ, c'est l'évapotranspiration dans la butte qui nous intéresse et le graphique réel que l'on obtiendrait serait certainement situé entre celui de l'objet 1, d'une part, et ceux des objets 2 et 3, d'autre part, tout au moins pour les deux premiers mois de culture où les plants des cuves ont une croissance normale. Pendant le troisième mois, les plants de l'objet 1 mûrissent beaucoup trop vite et on ne peut plus faire de comparaison entre les objets.

En examinant les chiffres du tableau VII et le graphique de la figure 4, on peut faire les constatations qui suivent :

1. L'évapotranspiration potentielle est faible pendant le premier mois de culture; elle varie avec le pouvoir évaporant de l'atmosphère et elle est surtout influencée par l'évaporation du sol.

Dans tous les objets, elle est inférieure ou égale à 5 mm par jour sauf dans l'objet 1 où elle atteint 6 mm à la fin du mois.

2. Au début du deuxième mois, l'évapotranspiration augmente brusquement et elle atteint un maximum vers le cinquante-cinquième jour après la plantation.

Le maximum périodique moyen est de 9 mm dans l'objet 3 et de 8,3 mm dans l'objet 2; pour ces objets, il vaut donc presque le double de la consommation moyenne du premier mois.

Dans l'objet 1, la différence de consommation est encore plus forte, le maximum atteint presque 12 mm par jour. Au début du premier mois, la transpiration par le tabac est très faible et l'évaporation est à peu près identique dans tous les objets, le diagramme de l'objet 1 est donc très proche de ceux des objets 2 et 3. Il s'en éloigne quand la transpiration augmente (deuxième mois) car le volume d'eau transpirée est rapporté à la surface de la cuve.

Comme nous l'avons déjà constaté dans l'essai sous abri vitré, c'est le développement de la plante qui influence surtout l'évapotranspiration pendant le deuxième mois. Les facteurs climatiques ont alors une influence plus faible mais, cependant, encore visible. On constate, par exemple, que du trente-neuvième au quarante-cinquième jour, l'évaporation, mesurée à l'évaporomètre de PICHE, est plus forte que pendant la période précédente et les trois courbes d'évapotranspiration ont une ascension plus forte; dans la période qui suit, l'évaporation diminue et cela se marque par un accroissement moindre de l'évapotranspiration pour cette période.

3. Pendant le troisième mois, l'évapotranspiration diminue; elle dépend du développement atteint par le tabac, de la vitesse de maturation, c'est-à-dire du nombre de feuilles restant sur la plante, et du pouvoir évaporant de l'atmosphère.

Dans l'essai, au début de ce mois, le pouvoir évaporant de l'air, mesuré à l'évaporomètre, subit une brusque diminution, ce qui accentue la chute des graphiques d'évapotranspiration. Par contre, à la deuxième moitié de cette période correspond une plus grande sécheresse de l'air et les graphiques remontent; cette nouvelle ascension est même très forte pour l'objet 3 où le développement végétatif des tabacs est plus grand et la maturation plus lente.

Si on compare les graphiques des objets 2 et 3, on constate que pendant le premier mois, ils sont fort semblables. L'évapotranspiration légèrement plus faible de l'objet 3 peut provenir du plus petit développement des plants (29 cm à trente-deux jours, contre 33 cm dans l'objet 2) et d'une évaporation plus faible des cuves.

Pendant le deuxième mois, l'évapotranspiration de l'objet 3 reste d'abord inférieure à celle de l'objet 2 puis elle la dépasse

quand les plants prennent un développement plus grand que ceux de l'objet 2. Ensuite, comme la production est plus forte dans l'objet 3 et la maturation plus lente, l'évapotranspiration reste supérieure à celle des autres objets.

4. Jusqu'au soixantième jour après la plantation, les plants des objets 1 et 2 semblent avoir le même développement moyen et être au même stade végétatif. Par la suite, la maturation se déclenche plus vite dans l'objet 1.

Jusqu'à la fin du deuxième mois de végétation, on peut donc supposer que la transpiration moyenne, en volume d'eau, est sensiblement la même dans les deux objets.

On a donc les formules d'évapotranspiration suivantes, en volume d'eau :

$$\text{Objet 1 : } \text{Évp 1} = T + \text{Él.}$$

$$\text{Objet 2 : } \text{Évp 2} = T + \text{Él} + \text{Éi.}$$

Nous avons vu, précédemment, que l'évaporation, exprimée en millimètres, est à peu près la même dans tous les objets immédiatement après la plantation et vers la fin du deuxième mois. Entre ces deux dates extrêmes, elle est certainement plus faible dans l'objet 1 mais l'essai ne permet pas de chiffrer cette diminution de l'évaporation.

Supposons, provisoirement, que l'évaporation soit identique dans la ligne et dans l'interligne, on aurait donc $\text{Él} = \text{Éi}$ (en volume d'eau), et les formules deviennent :

$$\text{Évp 1} = T + \text{É}, (\text{É} = \text{Él} = \text{Éi});$$

$$\text{Évp 2} = T + 2 \text{É};$$

$$\text{d'où } T = (2 \times \text{Évp 1}) - \text{Évp 2.}$$

En soustrayant le volume d'eau évapotranspiré dans l'objet 2 du double de celui consommé dans l'objet 1, on obtient donc la quantité d'eau transpirée par les plantes. Pour les dix premières périodes, on a les chiffres suivants, en centimètres cubes : 175, 234, 115, 235, 484, 950, 1 645, 1 879, 1 780, 1 049.

Si on transforme ces chiffres de volumes en millimètres d'eau pour l'objet 1 ou pour la surface réceptrice de la butte dans un champ, on a les valeurs ci-contre : 0,70, 0,94, 0,46, 0,94, 1,94, 3,80, 6,58, 7,52, 7,12, 4,20.

Ces valeurs sont reportées sur le graphique de la figure 5 : diagramme T en trait pointillé. Ce diagramme ne représente pas la transpiration réelle dans la butte car l'évaporation y est surestimée puisque on a supposé que $\text{Él} = \text{Éi}$; la courbe T tracée en trait plein se rapproche certainement plus de la réalité.

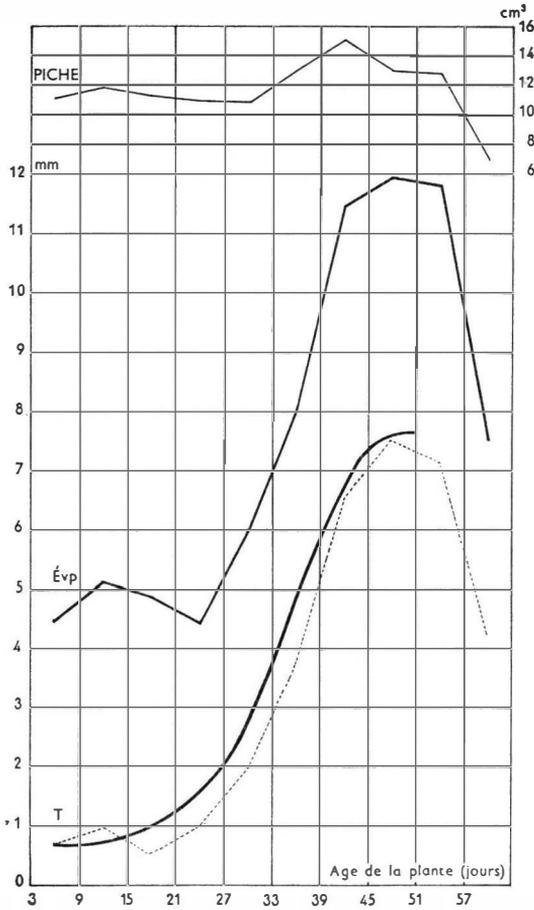


Fig. 5. — Cuves d'évapotranspiration, objet n° 1.

La consommation maximale par le tabac passe donc approximativement de 1 mm/jour à 7,5 mm/jour de la plantation à la fin du deuxième mois de culture.

5. Comme on peut diviser la vie du tabac en trois grandes périodes bien distinctes, d'une durée approximative de un mois, nous résumons les données d'évapotranspiration pour ces périodes dans le tableau VIII (p. 52). La première période correspond donc à la formation des racines, la deuxième à la croissance de la partie aérienne et la troisième à la maturation des feuilles.

Tableau VIII.
Cuves d'évapotranspiration 1961.
Totaux par périodes végétatives.

Objets	Plant (n°)	Évapotranspiration (mm)				Poids des feuilles (g)
		Formation des racines (30 jours) 29 mai-27 juin	Croissance de la partie aérienne (30 jours) 28 juin-27 juillet	Maturation des feuilles 28 juillet	Totaux	
0 1	1	157	344	(32 jours) 204	705	100
	2	137	246	188	571	70
	3	155	321	180	656	94
	Moyenne	150	303	191	644	88
	Moyenne/jour	5,0	10,1	6,0	7,0	
0 2	4	139	241	(32 jours) 190	570	144
	5	138	216	185	539	145
	6	128	190	187	505	125
	Moyenne	135	216	187	538	138
	Moyenne/jour	4,5	7,2	5,8	5,8	
0 3	7	130	219	(38 jours) 252	601	174
	8	135	236	270	641	194
	9	126	190	258	574	183
	Moyenne	130	215	260	605	184
	Moyenne/jour	4,3	7,2	6,8	6,2	
Cuve n° 10	Moyennes 10 et 11	134	222	(32 jours) 194	550	142
	Moyenne/jour	4,5	7,4	6,1	6,0	

Ce tableau montre que :

(a) La cuve n° 10, qui n'est qu'une répétition de l'objet 2, a une consommation moyenne par plant très semblable à celle de l'objet 2 pour chaque période.

(b) Pendant la première et la troisième périodes, il y a peu de variations entre les consommations des trois plants dans chacun des objets. Par contre, pendant la deuxième période, les variations peuvent être plus importantes et à une grande consommation correspond un poids sec total élevé (feuilles + tige) et, généralement, un plus grand poids de feuilles;

(c) Pendant les deux premiers mois, l'évapotranspiration moyenne est pratiquement la même pour les objets 2 et 3 (et la cuve n° 10), tandis que pendant le troisième mois, les plants de l'objet 3 consomment plus. Pour les plants de l'objet 2, la croissance est stoppée plus tôt que dans l'objet 3 et la maturation est plus rapide, ce qui explique la moindre consommation pendant ce mois.

4. Conclusions.

Les chiffres d'évapotranspiration donnés plus haut sont assez approximatifs car, d'une part, l'expérience n'a porté que sur un petit nombre de plants et, d'autre part, les tabacs cultivés en cuves ne sont pas exactement dans les mêmes conditions que ceux d'un champ, les mouvements de l'eau dans le sol étant notamment gênés par les parois des récipients. De plus, ils ne sont valables que pour des conditions climatiques et une production de matière sèche semblables.

Dans un champ, l'évaporation par le sol sera beaucoup plus faible et la transpiration par les plantes sera également freinée car on ne pourra pas se permettre d'irriguer tous les deux jours. L'évapotranspiration y sera donc certainement assez bien différente de celle obtenue dans les cuves lysimétriques mais l'expérience donne cependant quelques renseignements précieux sur les variations de la transpiration et de l'évapotranspiration suivant l'âge de la plante; ils confirment les constatations faites dans l'essai sous abri vitré.

Pendant le premier mois de culture, la transpiration par le tabac est très faible, principalement pendant les vingt premiers jours : ± 1 mm/jour. Elle augmente cependant avec l'âge du tabac mais c'est surtout à la fin du mois que cette augmentation devient importante; la transpiration peut alors atteindre une valeur voisine de 2,5 mm/jour. Normalement, l'évaporation du sol diminue au fur et à mesure de développement des plants de tabac mais, en champs, elle dépendra également du cycle d'arrosage et du pouvoir évaporant de l'air.

Pendant le deuxième mois, la transpiration augmente très rapidement et elle atteint son maximum vers le cinquantième jour; ce

dernier peut valoir trois fois le chiffre obtenu à la fin du premier mois si le sol est bien pourvu d'eau.

L'accroissement de l'évapotranspiration n'est pas aussi conséquent puisque l'évaporation du sol a plutôt tendance à diminuer (pour des conditions climatiques analogues) et le maximum vaut, *grosso modo*, le double de la valeur obtenue à la fin du premier mois, il est atteint entre le cinquantième et le soixantième jour, suivant le développement des plants et les conditions atmosphériques.

L'expérience ne donne pas beaucoup de précision sur la diminution de la consommation en eau pendant le mois de maturation des feuilles, mais elle montre cependant que, en cas de forte production, elle peut encore être très importante.

Les consommations en eau pendant le deuxième mois ont une grande influence sur la production de matière sèche. C'est donc pendant ce mois qu'il faudra surtout veiller à ce que le tabac reçoive suffisamment d'eau.

Remarque.

Les plants des cuves de 50 cm de profondeur ont un développement végétatif inférieur à celui des plants de l'objet 3 et une maturation prématurée; il y a aussi une nette différence entre les tabacs des objets 1 et 2.

En champ, les contrôles montrent cependant que les racines du tabac se concentrent principalement dans les trente centimètres supérieurs.

Il semble bien que les différences de développement entre les trois objets de l'essai soient dues non à la quantité de terre exploitable par les racines, mais à un manque d'aération du sol.

En effet, quand le sol « Kaniama argileux » contient la quantité maximale d'eau qu'il peut retenir, la porosité pour l'air y est voisine de 12 % (du volume); à ce moment le volume d'air dans les cuves est de $\pm 12 \text{ dm}^3$, 24 dm^3 et 42 dm^3 respectivement pour les objets 1, 2 et 3. L'aération est encore diminuée périodiquement et pendant un certain temps puisque les arrosages apportent un excès d'eau qui doit percoler, et pour la même quantité d'eau excédentaire la réduction du volume d'air est proportionnellement plus forte dans les cuves de l'objet 1.

H. — *Essai en champ 1961.*

1. Schéma de l'essai.

a. *Protocole.*

Suite aux résultats obtenus en 1960 au point de vue de l'irrigation, en 1961 on décide de combiner un essai factoriel d'engrais avec trois modalités d'irrigation.

L'essai est disposé en split-plot 3×3^3 avec trois répétitions.

b. *Objets.*

Irrigation. — Les objets « irrigation » sont assez semblables aux trois objets qui ont donné les meilleurs rendements en 1960. L'objet 1 de 1960 porte le même numéro en 1961, tandis que les objets 2 et 3 prennent respectivement les numéros 3 et 2.

Pour chacun d'eux, les fréquences d'irrigation sont pratiquement les mêmes qu'en 1960 mais les doses sont différentes car elles sont calculées, pendant toute la durée du cycle cultural, suivant l'humidité restant dans le sol, celle-ci étant déterminée par des échantillonnages journaliers.

Ils peuvent donc être définis comme suit :

Objet 1 (I_1) : Irrigation tous les cinq jours pendant la période de forte consommation et à concurrence du rétablissement à sa capacité de rétention de la couche explorée par la partie dense du système racinaire. Au début du premier mois de culture, le cycle est de sept jours, il est réduit progressivement à cinq jours quand la consommation augmente; vers la fin du troisième mois, il augmente jusque huit jours.

Objet 2 (I_2) : Irrigation aux mêmes dates que celles de l'objet 1 mais à raison de deux tiers des doses de cet objet.

Objet 3 (I_3) : Semblable à l'objet 1 mais aspersion tous les sept jours pendant la période de forte consommation. Le cycle est de neuf jour en début de culture et de huit jours à la fin du troisième mois.

Le champ est divisé en neuf bandes; trois bandes constituent une répétition et chacune d'entre elles reçoit une irrigation différente.

Fumure. — L'expérience teste les effets de l'azote, du phosphore et de la potasse, chacun de ces éléments étant appliqué aux doses suivantes :

N : 60 — 120 — 180 kg/ha;

P : 80 — 160 — 240 kg/ha;

K : 60 — 120 — 180 kg/ha.

Chaque bande reçoit donc les vingt-sept combinaisons des traitements « engrais ».

c. *Dispositif parcellaire.*

La sous-parcelle expérimentale ou parcelle élémentaire (engrais) a une superficie de 2×15 m et elle contient deux lignes de trente plants. La sous-parcelle observée renferme $2 \times 24 = 48$ plants (trois plants de bordure de part et d'autre de chaque ligne).

La grande parcelle, ou bande d'irrigation, a donc une superficie de 27×30 m = 810 m² et la partie observée compte $48 \times 27 = 1\ 296$ plants.

En bordure, dans le sens de la longueur du champ, on installe cinq lignes de garde dont les tabacs reçoivent la même fumure qu'en 1960, c'est-à-dire 750 kg d'engrais de la formule 6-16-12 par hectare. C'est dans ces lignes de bordure que sont prélevés les échantillons de terre servant à la détermination de l'humidité du sol.

d. *Réalisation de l'essai.*

L'essai est réalisé au même emplacement que celui de 1960. Les travaux culturaux sont effectués aux dates suivantes :

- Le 24 mai : trouaison et application d'engrais (deux tiers de la dose);
- Le 26 mai : plantation;
- Le 30 mai : premier remplacement (1,3 %);
- Le 2 juin : deuxième remplacement (0,5 %), premier buttage;
- Le 8 juin : application des oligoéléments;
- Le 12 juin : deuxième buttage;
- Le 26 juin : troisième buttage, épamprement;
- Le 14 juillet : début des écimages (même méthodes que pour les tabacs des cuves d'évapotranspiration);
- Les 7, 14, 21, 25 et 29 août; les 2 et 16 septembre : récoltes.

2. Détail des irrigations.

Le détail des irrigations est donné dans le tableau IX (pp. 58-59) qui reprend, pour chaque objet, les doses (en millimètres), les intervalles entre deux arrosages (en jours) et les consommations moyennes journalières (en millimètres).

3. Régularité de l'arrosage.

En 1960, les parcelles d'essai sont de forme carrée et les arroseurs, placés aux quatre coins, doivent travailler en secteur de 90°. Avec une telle disposition des arroseurs, il est très difficile d'avoir une répartition régulière de l'eau et on doit limiter la « parcelle observée » à la partie centrale de la parcelle élémentaire où la pluviosité est plus uniforme.

En 1961, les objets « irrigation » sont des bandes ayant toute la largeur du champ; les arroseurs sont mis sur deux rangs, de part et d'autre de la parcelle et ils fonctionnent en secteur de 180°. Suivant la direction et la force du vent, on règle le secteur d'arrosage et la longueur du jet pour que l'eau tombe dans la parcelle et ne soit pas déviée sur un objet voisin. L'arrosage est ainsi déjà beaucoup plus régulier mais il laisse cependant à désirer en bordure des parcelles et c'est pour cette raison qu'on élimine trois plants pour les observations. Au pied des arroseurs, la pluviosité est toujours plus forte, surtout quand les arroseurs travaillent en secteur et ceci est dû au balancier qui fait tourner l'arroseur et rabat une certaine quantité d'eau vers le sol. Pour éviter que cette eau ne soit déportée par le vent sur la bande voisine, on place de grands panneaux en toile de 4 m de long sur 2 m de hauteur à proximité des arroseurs, entre les deux bandes; ces panneaux interceptent l'eau emportée par le vent, qui tombe alors sur les plants de bordure mis hors d'essai.

Comme nous l'avons dit précédemment, la pluviosité réelle est mesurée par dix pluviomètres disposés dans la parcelle au moment de l'arrosage. Ces pluviomètres sont toujours placés aux mêmes endroits et on fait la moyenne des dix relevés.

Si pour chaque pluviomètre, on additionne les relevés de tous les arrosages, pour chacun des objets, et si on exprime les valeurs maximales et minimales trouvées en pour cent de la pluviosité moyenne, on a les chiffres suivants :

Objets	Pluviosité moyenne (mm)	Minimum (%)	Maximum (%)
1	472,9	77	114
2	305,5	91	109
3	376,5	75	114

2 juillet	29,4	5	5,88	17,8	5	3,56						
7 juillet	36,4	5	7,28	24,5	5	4,90	39,3	7	5,61			
12 juillet	40,4	5	8,08	25,1	5	5,02	40,4	7	5,77			
14 juillet												
17 juillet	39,7	5	7,94	21,2	5	4,24	42,1	7	6,01			
21 juillet												
22 juillet	35,5	5	7,10	27,3	5	5,46						
27 juillet	27,6	5	5,52	19,7	5	3,94	35,5	7	5,07			
28 juillet												
	209,0	(30)	6,97	135,6	(30)	4,52	157,3	(28)	5,62			Irrigation du deuxième mois.
2 août	31,6	6	5,27	19,8	6	3,20						
4 août												
7 août	31,5	5	6,30	19,3	5	3,86	32,3	7	4,61			
11 août												
12 août	30,1	5	6,02	20,9	5	4,18	38,6	7	5,51			
18 août	26,2	6	4,37	18,4	6	3,07						
19 août												
26 août	24,1	8	3,01	13,6	8	1,70	33,4	8	4,18			
	143,5	(30)	4,78	92,0	(30)	3,07	104,3	(23)	4,53			Irrigation du troisième mois.
27 août												
1 sept.												
9 sept.												
	472,9	(89)	5,31	305,5	(89)	3,43	376,5	(83)	4,54			Totaux (1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e mois).

On a donc réussi à avoir un arrosage assez régulier en réglant le secteur d'action des arroseurs suivant la direction et la force du vent puisque, pour tout le cycle cultural, les écarts avec les moyennes sont au maximum de 25 pour cent.

En général, les plages de faible pluviosité sont situées sur le bord Est des parcelles, plus ou moins entre deux arroseurs, mais plus près de l'arroseur situé au Sud car la direction du vent est généralement Sud-Est. Elles ne se remarquent pas dans les objets 1 et 3 mais bien dans l'objet 2. C'est cependant dans cet objet que la pluviosité est la plus régulière mais, comme les doses sont faibles, une diminution de celles-ci a une influence visible sur le développement végétatif des tabacs. On peut donc déjà dire que, pour le cycle envisagé, les doses de l'objet 2 sont des minimums de pluviosité qu'il serait dangereux de réduire sans risquer de provoquer une nette diminution de production.

4. Tests d'efficacité.

Le but des tests n'est pas de déterminer le pourcentage de pertes d'eau dans l'air en cours d'aspersion puisque, grâce aux pluviomètres, on mesure la pluviosité arrivant au sol, mais de préciser la proportion d'eau qui pénètre dans la partie du terrain directement exploité par le tabac, c'est-à-dire dans les buttes, et la proportion qui tombe dans l'interligne.

Notons que le pourcentage de pertes dues à l'évaporation dans l'air et au vent a été déterminé pour l'irrigation des caféiers et on a obtenu une moyenne de 3 % pour les arrosages du matin et du soir et de 11 % au milieu de la journée pendant la saison sèche de 1961. Ces pertes varient fortement suivant les conditions atmosphériques et suivant le matériel utilisé; en grande culture, avec un arrosage circulaire, le vent a moins d'influence car une partie de l'eau déportée retombe un peu plus loin dans le champ.

Quand le tabac est jeune et avant le troisième buttage, on peut considérer que la pluviosité est à peu près identique dans la butte et dans l'interligne, et les pertes au contact des feuilles sont très faibles. Mais quand le tabac est assez développé, l'eau tombant sur une feuille s'écoule le long de cette feuille, soit vers la tige et dans la butte, soit vers l'extérieur hors de la butte, suivant l'inclinaison de la feuille.

Le pourcentage d'eau arrivant dans la butte varie suivant :

(1) L'âge du tabac : à l'âge d'un mois, les feuilles sont plutôt inclinées vers l'extérieur du plant tandis que, plus tard, elles sont plus

rigides et, vues d'en haut, elles forment un angle aigu avec la tige du plant.

(2) Le développement : un plant avec de grandes feuilles intercepte plus d'eau destinée à l'interligne qu'un plant de plus faible développement.

(3) Le moment de la journée : la turgescence des feuilles peut varier suivant le moment de la journée, principalement dans le jeune âge, et le sens de l'écoulement de l'eau peut changer.

(4) Le cycle d'arrosage : une sécheresse prolongée diminue également la turgescence des feuilles.

Il nous a donc semblé intéressant de mesurer les quantités d'eau arrivant réellement dans les buttes et, à cette fin, nous avons employé les deux procédés décrits ci-dessous :

a. *Première méthode.*

On dispose des bacs carrés, en zinc, de 50 cm de côté et de 10 cm de hauteur, aux emplacements de plants manquants ou de plants arrachés dans les lignes de bordure. On met un peu de terre humide dans ces bacs et on y repique des plants prélevés dans une parcelle annexe à l'essai; ces plants sont maintenus droits grâce à un système de liens. On pèse le bac et son plant avant et après l'arrosage et, par différence, on a la quantité d'eau qui a été recueillie par le bac.

La surface réceptrice de la butte est supérieure à celle des bacs mais une partie de l'eau tombant sur les flancs de la butte est perdue par drainage vers l'interligne ou vers un horizon inférieur à la zone exploitée par le système racinaire du tabac; ces pertes sont d'autant plus grandes quand on s'éloigne du centre de la butte, c'est-à-dire quand l'épaisseur de la butte diminue. Pour éviter de surestimer la quantité d'eau reçue par la butte, on limite donc à 50×50 cm la surface réceptrice de cette dernière.

Des pluviomètres disposés autour des bacs donnent la pluviosité arrivant au sol. En soustrayant de cette valeur la quantité d'eau trouvée dans les bacs, on obtient les pertes ou les gains dans la butte. Les pertes comprennent donc, d'une part, l'eau qui s'écoule le long des feuilles hors de la butte et, d'autre part, l'eau évaporée au contact du feuillage du tabac. Les gains sont constitués de l'eau supplémentaire interceptée par les feuilles qui débordent de la butte, diminuée de l'eau évaporée au contact du tabac.

b. *Deuxième méthode.*

Quand les plants atteignent un certain âge, la première méthode ne donne plus des résultats très corrects car, en pleine journée, les plants repiqués dans les bacs perdent rapidement de leur turgescence. Nous avons alors employé le procédé suivant :

Autour de quelques plants de tabac, on place des cadres métalliques (en fer à béton) de 50 cm de côté, qui sont maintenus à une dizaine de centimètres du sol par des supports enfoncés dans le sol; ces cadres sont assemblés sur place. Sur le cadre, on dépose une toile en matière plastique que l'on fixe au cadre par des pinces à linge et autour de la tige du tabac par une ficelle bien serrée. Cette toile forme donc un réservoir tout à fait hermétique autour du plant de tabac.

Dans l'interligne, la pluviosité est mesurée par les bacs utilisés dans la première méthode.

Les diverses mesures que nous avons réalisées donnent les résultats suivants :

Age de la plante (jours)	Gains (+) ou pertes (—) en pour cent de la pluviosité moyenne (donnée par les pluviomètres)	
	Butte	Interligne
Première méthode :		
28	— 3	
28	— 6	
32	— 4	
32	— 9	
35	— 10	
49	+ 15	— 20
57	+ 28	— 35
62	+ 29	— 46
Deuxième méthode :		
73	+ 50	— 30
77	+ 32	— 38
84	+ 23	— 24
85	+ 28	— 30
92	+ 4	— 8

Logiquement, si on néglige l'évaporation au contact du sol, les gains dans la butte devraient être égaux aux pertes dans l'interligne diminuées des pertes par évaporation sur le feuillage. Or, parfois, on constate de grandes différences entre les deux chiffres. Ces différences proviennent du fait que le nombre de tests est limité :

six bacs pour les buttes et trois pour l'interligne et la répartition de l'eau varie suivant le développement du plant où on fait le test.

En examinant les chiffres donnés ci-dessus, on peut cependant se faire une idée de la répartition de l'eau dans le champ.

A la fin du premier mois de végétation, une certaine partie de l'eau d'arrosage est déviée hors de la butte; à l'âge de trente-cinq jours, on enregistre 10 % de perte (évaporation au contact du feuillage comprise).

Ensuite, il y a inversion et, à l'âge de quarante-neuf jours, on obtient un gain de 15 %. Le gain dans la butte augmente jusqu'à la première récolte; il atteint une valeur de 30 % à la fin du deuxième mois de culture mais, pour certains plants, il peut être de l'ordre de 50 pour cent.

Quand le nombre de feuilles sur le plant diminue, la quantité d'eau interceptée décroît en conséquence.

Comme le nombre de tests n'est pas suffisant, on ne peut pas déterminer avec précision le coefficient d'efficacité pour les diverses périodes végétatives du tabac.

Pour éviter de surestimer les gains, on corrige les doses d'irrigation comme suit :

— A partir du 21 juillet (cinquante-sixième jour) jusque la fin du deuxième mois, on applique un coefficient réducteur de 15 %; ce coefficient aurait pu être appliqué déjà plus tôt.

— Pour les irrigations du troisième mois, on réduit les doses de 20 pour cent.

Notons que dans l'interligne, il n'y a pas de consommation d'eau par le tabac et l'évaporation par le sol est assez faible quand il est ombragé. Des échantillons de terre prélevés dans l'interligne montrent que l'humidité dans la couche superficielle de 15 cm est toujours au moins égale et, le plus souvent, supérieure à l'humidité moyenne de la butte sur 30 cm de profondeur. Le drainage de l'eau de la butte vers la zone plus basse de l'interligne n'est donc pas favorisé par une plus grande sécheresse dans cette zone.

5. Tests de percolation.

Pour contrôler les doses d'irrigation, cinq cuves lysimétriques sont placées dans une parcelle de chacun des objets. Ces cuves sont rondes, d'un diamètre de 60 cm et d'une hauteur de 30 cm; elles sont enterrées dans une ligne de bordure et elle renferment

chacune un plant de tabac. Les eaux de percolation sont recueillies et mesurées.

Les relevés faits après chaque arrosage donnent les totaux suivants (en millimètres) (moyennes pour les cinq cuves) :

Objets	Premier mois	Deuxième mois	Troisième mois	Totaux
I ₁	21,2	40,0	19,0	80,2
I ₂	0,0	0,4	1,3	1,7
I ₃	9,7	16,7	16,9	43,3

A première vue, on pourrait dire que les arrosages sont trop copieux dans les objets 1 et 3 puisqu'ils provoquent une percolation assez importante. On ne peut cependant pas être aussi affirmatif car les plants des cuves ne sont pas exactement dans les mêmes conditions que ceux du champ :

— On ne dispose que de cuves rondes de 60 cm de diamètre alors qu'il aurait fallu des cuves carrées de 50 cm de côté. Les cuves utilisées ont donc une surface réceptrice plus grande que l'espace dont jouit normalement un plant dans la butte et elles reçoivent une trop grande quantité d'eau.

— Les plants des cuves ont un développement nettement inférieur à ceux des parcelles et leur maturation est beaucoup plus rapide (jaunissement prématuré); leur consommation est donc inférieure à la normale.

— Comme les cuves n'ont que 30 cm de hauteur, après tassement, l'épaisseur de terre y est plutôt voisine de 25 que de 30 cm et les doses sont prévues pour 30 cm à partir du deuxième mois.

On peut donc seulement conclure que dans le champ, il n'y a certainement pas eu de pertes par percolation dans l'objet 2, probablement pas dans l'objet 3, mais peut-être dans l'objet 1.

Comme la répartition de l'eau n'est pas uniforme, il est certain qu'il y a eu des pertes dans certains endroits des objets 1 et 3 où la pluviosité est la plus forte.

6. Observations en cours d'essai.

a. Reprise.

La reprise des plants est moins bonne qu'en 1960. Le relevé fait après un mois de plantation montre que le pourcentage de manquants est de 2,78 % pour l'ensemble du champ. La mise en place a été effectuée en deux fois, quatre bandes le matin et cinq bandes en fin d'après-midi; dans la partie plantée le matin,

on a 1,58 % de manquants et 3,74 % dans celle plantée dans l'après-midi. Il y a donc une influence très nette du moment de la plantation sur la reprise.

En 1961, il n'y a pas d'arrosage le jour de la plantation et les irrigations de reprise ne sont appliquées que pendant trois jours (10 mm par jour, en deux fois), au lieu de quatre jours en 1960. Il est donc possible qu'elles auraient dû être poursuivies pendant un jour et, en cas de plantation en fin d'après-midi, il est certainement avantageux d'appliquer un arrosage léger (5 mm) le jour même pour assurer la reprise des plants repiqués pendant les heures chaudes.

Avant la plantation, le champ est arrosé deux fois, à raison de 20 mm par passage, au lieu de deux fois 30 mm en 1960. Cette diminution des doses n'a certainement pas eu d'influence néfaste car les relevés d'humidité du sol montrent que les quantités d'eau appliquées sont nettement suffisantes pour ramener le pourcentage d'eau au niveau de la capacité de rétention dans une couche de trente centimètres.

b. *Développement végétatif.*

A la fin des deux premiers mois de culture, des relevés sont effectués en classant les plants en trois catégories : grand, moyens et petits. En faisant les moyennes, on obtient 88 % de grands plants dans l'objet I₁ contre 84 % en I₂ et I₃ à la fin du premier mois et 96 % en I₁, 95 % en I₂ et 93 % en I₃ à la fin du deuxième mois.

Comme l'essai d'irrigation est combiné avec un essai de fumure, qui renferme lui-même vingt-sept objets, il est quasi impossible de distinguer dans le champ l'objet « irrigation » qui a le plus grand développement végétatif. On peut cependant établir une comparaison dans les lignes de bordures du champ où les tabacs ont reçu la même dose d'engrais. Les différences ne sont pas spectaculaires mais il semble cependant que l'objet I₃ soit moins développé que les deux autres objets qui, eux, paraissent avoir la même vigueur.

Des mensurations de hauteur sont faites sur ces plants de bordure (quarante-huit plans par objet et par répétition) et les moyennes en sont les suivantes (en centimètres) :

Objets	Fin 1 ^{er} mois	Fin 2 ^e mois	Fin 3 ^e mois
I ₁	34	116	116
I ₂	34	109	113
I ₃	30	106	107

Mais, comme nous l'avons vu dans l'essai en cuves d'évapo-transpiration, une plus grande hauteur ne correspond pas toujours à un plus fort rendement.

Nous avons aussi déterminé le poids sec (à l'étuve) des feuilles de dix plants de chaque objet, à diverses dates, et nous avons obtenu les chiffres donnés ci-dessous :

Age de la plante (jours)	Poids sec des feuilles (g)		
	I ₁	I ₂	I ₃
43	42	47	42
59	98	93	90
74	109	99	99
73-90 (maturité)	129	122	103

Comme ces mesures ne sont faites que sur dix plants, on ne peut évidemment pas faire un classement des objets avec ces seuls chiffres mais il semble, toutefois, que l'objet I₁ est le meilleur pour le rendement en poids.

En fin d'essai, les plants de bordures sont récoltés séparément (par objet et par répétition) et on constate qu'aux points de vue production (kilogrammes de feuilles/hectare) et rendement (francs/hectare), les objets se classent dans l'ordre suivant : I₁ > I₂ > I₃, mais la différence entre les objets n'est pas significative. On verra d'ailleurs, plus loin, que pour l'ensemble du champ, le classement n'est pas le même.

c. *Racines.*

La profondeur atteinte par la partie dense du système racinaire du tabac est mesurée à trois reprises dans chacun des objets « irrigation ». Ces mesures portent sur dix plants et les moyennes des mensurations sont les suivantes :

Age de la plante (jours)	Longueur des racines (cm)			Moyennes
	I ₁	I ₂	I ₃	
43	17,7	19,7	19,4	18,9
59	21,2	22,5	22,1	21,9
74	24,9	26,3	24,1	25,1

Pendant le premier mois, les racines des plants des objets I₂ et I₃ s'allongent plus vite que dans l'objet I₁ car, dans ces objets les irrigations sont, soit moins copieuses, soit plus espacées que dans I₁ et le tabac doit aller chercher l'eau à une plus grande profondeur.

Par la suite, les plants de l'objet I_2 ont toujours de plus longues racines que ceux des autres objets.

En fin de période de croissance, pour l'ensemble du champ, la masse du système racinaire se concentre dans les vingt-cinq premiers centimètres, ce qui confirme les observations antérieures.

d. *Vitesse de maturation.*

Les récoltes s'échelonnent du 7 août (septante-quatrième jour) au 16 septembre (cent quatorzième jour). Le graphique de la figure 6 montre la vitesse de maturation dans les trois objets « irrigation » ; en abscisse, on a porté les dates de récolte et, en ordonnée, les pourcentages cumulés de feuilles récoltées.

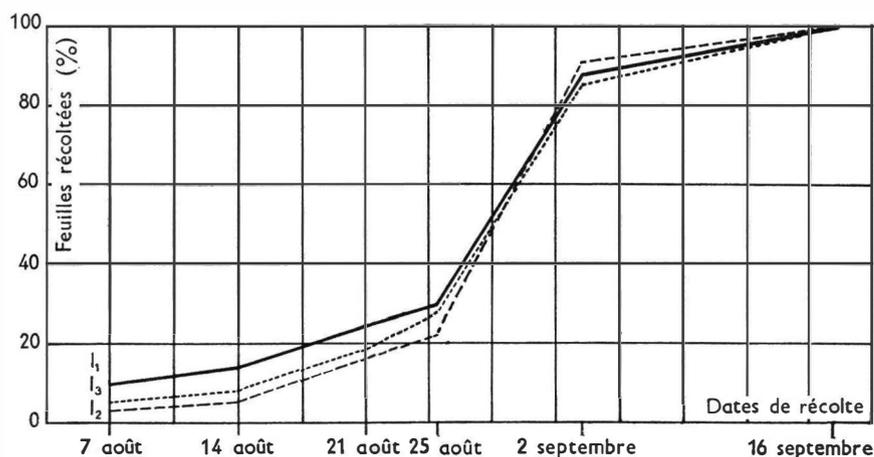


Fig. 6. — Tabac 1961, vitesse de maturation.

Ce sont les plants de l'objet I_1 qui arrivent le plus vite à maturité, puis ceux de I_3 et, enfin, ceux de I_2 .

Le nombre de feuilles par plant varie légèrement d'un objet à l'autre : en I_1 on a, en moyenne, 16,86 feuilles par plant; en I_2 , 16,75 et en I_3 , 16,47; la moyenne générale est de 16,69.

7. Rendements et analyse statistique.

Le tableau X donne, pour chacun des objets « irrigation », la production moyenne en kilogrammes de tabac par hectare, le prix moyen par kilogramme et le rendement moyen en francs par hectare.

Comme le pourcentage de plants manquants n'est pas le même dans les trois objets et que ce pourcentage n'est pas influencé par les traitements « irrigation » mais seulement par le moment de la plantation, les chiffres de production par hectare sont calculés pour une occupation de 100 %, soit 20 000 plants par hectare.

Tableau X.

Rendements de l'essai 1961.

Objets	Productions (kg/ha)	Qualité (F/kg)	Rendements (F/ha)
I ₁	2 934	37,29	109 408
I ₂	3 026	37,27	112 789
I ₃	2 992	36,55	109 358
Moyenne	2 984	37,04	110 518

Si on compare ces chiffres avec les résultats obtenus dans les trois meilleurs objets de 1960, on voit que la production a fortement augmenté : 2 984 kg de feuilles en moyenne en 1961 contre 2 185 en 1960, la qualité est un peu moins bonne : 37,04 F/kg en 1961 et 40,60 en 1960, mais le rendement en francs/hectare est nettement plus fort en 1961 : 110 518 F contre 88 676 en 1960.

L'augmentation de production peut être due :

1° A des conditions climatiques plus favorables.

2° A la fumure : le chiffre de 2 984 kg est la moyenne de production de vingt-sept objets « fumure » dont certains reçoivent des doses d'engrais très élevées; cependant, la production moyenne des lignes de bordure, où la dose d'engrais est la même qu'en 1960, est de 2 751 kg/ha, chiffre nettement supérieur à la production moyenne de 1960.

3° A la culture de sidération (*Crotalaria*) qui a apporté beaucoup d'azote au sol.

4° A l'irrigation dont les doses, dans les trois objets, sont mieux adaptées aux consommations.

La diminution de la qualité moyenne est certainement due à une quantité excessive d'azote. En effet, certaines parcelles reçoivent des doses très fortes en cet élément, qui favorise le développement végétatif au détriment de la qualité du produit, et tout le champ profite déjà de l'azote apporté par *Crotalaria*.

Analyse statistique.

L'essai est analysé en partant des rendements exprimés en « RI/1 000 » par parcelle élémentaire (parcelle d'engrais); R est le poids en grammes et I le « grade index » ou index qualitatif exprimé en pour cent du prix payé pour la meilleure qualité.

Tableau XI.
Analyse de la variance. — Tabac 1961.

Source des variations	Degrés de liberté	Sommes des carrés des déviations	Variances	Rapport des variances		
				Trouvé	Théorique	
					P=0,05	P=0,01
Répétitions	2	17 823	8 911	5,50	6,94	
Facteur I	2	12 373	6 187	3,82	6,94	
Erreur (Ea)	4	6 479	1 619			
Facteur F	26	66 454	2 556	2,074**	< 1,57,	< 1,88
Interaction I × F	52	75 718	1 456	1,182	≈ 1,434	
Erreur (Eb)	156	192 227	1 232,2			
Total	242	371 074				

Les premières conclusions de ce tableau sont que :

- la variance du facteur fumure (F) est hautement significative (P = 0,01);
- les traitements irrigation n'ont pas d'effet significatif (P = 0,05);
- l'interaction I × F n'est pas significative (P = 0,05).

La variance du facteur irrigation n'est donc pas significative au seuil de probabilité $P = 0,05$ mais elle est significative au seuil $P = 0,10$.

Si on compare les rendements moyens des trois objets I par un test t , on constate que I_2 est significativement différent de I_1 au seuil de probabilité $P = 0,09$ et de I_3 au seuil $P_4 = 0,08$.

— Variance par parcelle élémentaire. 1 619

— Variance de la somme de vingt-sept parcelles 1 619 \times 27
(une répétition d'un objet I)

— Variance de la moyenne de trois sommes de vingt-sept parcelles $\frac{1\ 619 \times 27}{3}$

(moyenne des trois répétitions d'un objet I)

— Variance de la différence de deux de ces moyennes $\frac{1\ 619 \times 27 \times 2}{3} = 29\ 142$

— Erreur standard de la différence de deux moyennes $\sqrt{29\ 142} = 171$

Moyennes des objets irrigation en RI/
1 000 $I_1 : 13\ 129$
 $I_2 : 13\ 535$
 $I_3 : 13\ 123$

$$I_2 - I_1 : t = \frac{406}{171} = 2,374 \text{ (probabilité de 9 \%)}.$$

$$I_2 - I_3 : t = \frac{412}{171} = 2,409 \text{ (probabilité de 8 \%)}.$$

On peut également disséquer la somme des carrés des déviations pour les traitements en deux comparaisons (orthogonales), constituant des composants simples de cette somme (d'un degré de liberté chacun) :

(1) $I_1 - I_3 = 39\ 387 - 39\ 369 = 18;$

$$\frac{18^2}{162} = \dots\dots\dots 2$$

(2) $(2 \times I_2) - I_1 - I_3 =$

$$= (2 \times 40\ 604) - 39\ 387 - 39\ 369 = 2\ 452; \frac{2\ 452^2}{486} = \dots\dots\dots 12\ 371$$

12 373

La différence entre I_1 et I_3 n'est évidemment pas significative, mais si pour la deuxième comparaison on calcule la valeur de F , on a :

$$F = \frac{12\ 371}{1\ 619} = 7,64$$

valeur très proche de 7,71 qui est le F théorique au niveau 0,05.

On peut donc pratiquement dire que le traitement I_2 est supérieur (au seuil $P = 0,05$) à la moyenne des traitements I_1 et I_3 , et comme ces derniers se valent, nous considérons I_2 comme étant le meilleur traitement « irrigation ».

L'analyse faite sur les productions (kilogrammes de feuilles) ne donne pas de différences significatives entre les objets « irrigation ». On peut seulement dire que I_2 semble supérieur à I_3 et à I_1 .

Au point de vue qualité, on constate que I_1 et I_2 ont une qualité moyenne pratiquement identique, tandis que pour I_3 la qualité est légèrement inférieure.

8. Calcul des consommations en eau.

Les relevés journaliers de l'humidité du sol pendant toute la durée de végétation permettent l'établissement des courbes de décroissement de l'humidité dans le sol après chaque irrigation. Les échantillons de sol sont constitués de carottes prélevées à la sonde pédologique sur toute la profondeur à réhumidifier; ils sont pris à 6 h, cinq dans chacun des objets.

Au moyen de ces courbes, on peut déterminer le pourcentage d'humidité (q) restant dans le sol le jour de l'arrosage.

Comme l'irrigation n'est pas rigoureusement uniforme, l'humidité dans le sol n'est pas exactement la même partout et les cinq échantillons prélevés journalièrement ne donnent pas nécessairement exactement l'humidité moyenne de l'objet considéré.

De plus, l'humidité du sol ne décroît pas toujours d'une manière régulière car l'évaporation par le sol et la transpiration par le tabac sont influencées par les conditions climatiques. Il en résulte que les taux d'humidité successifs, donnés par les échantillons de terre, ne se trouvent pas toujours sur une courbe décroissante; on trace donc une courbe moyenne passant approximativement par les valeurs d'humidité trouvées.

Rappelons que la dose théorique d'irrigation (Q , en millimètres) est donnée par la formule :

$$Q = \frac{(FC - q) \times d \times e}{100}$$

Jusqu'au deuxième buttage :

$$Q = (30,7 - q) \times 1,213 \times \frac{200}{100} = (30,7 - q) \times 2,426$$

Du deuxième au troisième buttages :

$$Q = (30,9 - q) \times 1,196 \times \frac{250}{100} = (30,9 - q) \times 2,990$$

Après le troisième buttage :

$$Q = (31,0 - q) \times 1,185 \times \frac{300}{100} = (31,0 - q) \times 3,555$$

En général :

$$Q = (FC - q) \times c \quad (c = \text{coefficient}).$$

a. *Irrigation I₁*.

Le tableau XII donne les valeurs de l'humidité du sol les jours d'arrosage (q), les doses théoriques d'irrigation (Q) et les doses réellement appliquées (Q'), l'humidité atteinte après l'arrosage (H), la pluviosité (P), l'évapotranspiration réelle ou actuelle (Éva) pour la période écoulée et l'évapotranspiration potentielle (Évp) correspondante dans les cuves lysimétriques de l'objet I de l'essai précédent.

Les doses réelles (Q') diffèrent des doses théoriques (Q), car le jour de l'arrosage on ne connaît pas encore exactement la valeur de q ; celle-ci n'est déterminée que le lendemain après le séchage des échantillons. La valeur q est donc estimée suivant l'allure de la courbe d'humidité mais l'humidité du dernier jour peut encore légèrement modifier cette courbe. De plus, la dose réelle est parfois différente de la dose qu'on aurait voulu appliquer. En effet, comme nous l'avons dit précédemment, la durée d'arrosage est calculée en se basant sur le relevé d'une première série de pluviomètres mais si, après avoir fait ce relevé, les conditions atmosphériques changent, la quantité d'eau totale mesurée à la fin de l'arrosage peut être différente de ce que l'on attendait. Il est bien entendu aussi que la pluviosité peut varier légèrement d'une parcelle à l'autre car le réglage des arroseurs n'est pas strictement identique partout, l'usure des gicleurs peut être différente, etc.

A partir du 21 juillet, les doses réelles sont inférieures aux doses théoriques car on applique un coefficient réducteur de 15 puis de 20 pour cent.

Le pourcentage d'humidité dans le sol après une irrigation (H) est donné par la formule :

$$H (\% \text{ du poids sec}) = \frac{(Q' \times 100)}{d \times e} + q = \frac{Q'}{c} + q.$$

Tableau XII.

Humidité du sol et doses d'irrigation I₁.

Dates d'arrosage	q (% p.s.)	Q (mm)	Q' (mm)	H (% p.s.)	P (mm)	Éva (mm)	Évp cuves éva- potranspi- ration objet 1 (mm)
5 juin	24,8	14,3	17,0	>30,7 (31,8)	2,43	2,04	4,65
11 juin	24,0	16,3	21,2	>30,9 (32,8)	3,53	2,71	4,81
17 juin	23,3	22,7	29,7	>30,9 (33,2)	4,95	3,79	5,18
22 juin	23,2	26,0	22,8	29,8	4,56	5,20	4,30
27 juin	22,0	32,0	29,7	29,4	5,94	5,55	5,74
2 juill.	21,9	32,4	29,4	30,2	5,88	5,33	7,50
7 juill.	20,0	39,1	36,4	30,2	7,28	7,25	10,63
12 juill.	20,2	38,4	40,4	>31,0 (31,7)	8,08	7,11	11,44
17 juill.	20,5	37,3	39,7	>31,0	7,94	7,47	11,81
22 juill.	19,3	41,6	35,5	>31,0	7,10	8,32	11,91
27 juill.	22,2	31,3	27,6	>31,0	5,52	6,26	7,72
2 août	21,9	32,4	31,6	>31,0	5,27	5,40	7,02
7 août	22,0	32,0	31,5	>31,0	6,30	6,40	6,18
12 août	22,3	30,9	30,1	>31,0	6,02	6,18	7,79
18 août	23,0	28,4	26,2	>31,0	4,37	4,73	5,51
26 août	22,4	30,6	24,1	>31,0	3,01	3,83	5,22

La quantité d'eau reçue par la butte n'est pas connue avec exactitude car le coefficient d'efficacité n'est pas déterminé avec précision, mais pour l'objet I₁, à partir du 12 juillet, les doses d'irrigation sont plus que suffisantes pour ramener le pourcentage d'eau dans le sol au niveau de la capacité de rétention en champ.

La pluviosité moyenne P s'obtient en divisant la dose réelle (Q') par le nombre de jours qui séparent l'irrigation correspondante de la précédente.

Pour obtenir les valeurs de l'évapotranspiration actuelle (Éva), on multiplie le coefficient c par la différence entre l'humidité atteinte après l'irrigation précédente (H) et celle du jour de l'arrosage (q) et on divise par le nombre de jours qui séparent les deux irrigations.

Quand, par calcul, on obtient une humidité H supérieure à la capacité de rétention en champ, on considère que l'excédent d'eau est perdu pour la plante et, dans ce cas, on fait la différence entre la capacité de rétention en champ et l'humidité du jour (q). A partir du 12 juillet, les irrigations sont trop copieuses et l'imprécision des valeurs calculées de H n'influence pas les valeurs de Éva.

Cette façon de calculer est approximative car une dose trop forte ne correspond pas nécessairement à une perte d'eau en dessous du niveau considéré (e) puisque, avant qu'il y ait percolation, une partie de l'eau est déjà consommée par le tabac et une autre est perdue par évaporation; mais comme ces quantités ne sont pas chiffrables, nous sommes forcés de considérer, provisoirement, que ($Q' - Q$) constitue un excédent d'eau pour la couche e . De plus, même si ce volume d'eau ($Q' - Q$) percole sous le niveau e , il n'est pas encore totalement perdu, étant donné qu'une partie de l'eau peut remonter par diffusion vers la zone exploitée par les racines. Nous ne tiendrons cependant pas compte de cette eau de diffusion car elle peut être compensée par une diffusion vers le bas quand le pourcentage d'eau est élevé dans la couche e , et comme on maintient l'humidité dans le sol à un niveau assez élevé, ces phénomènes de diffusion verticale ne doivent pas influencer beaucoup la consommation totale.

La dernière colonne renseigne l'évapotranspiration potentielle des plants de l'objet 1 de l'essai précédent.

L'essai en cuves d'évapotranspiration fournit des données précises sur les consommations de trois plants, puisque celles-ci sont calculées par différence entre le volume d'eau apporté et le volume d'eau qui percole et non pas en se basant sur l'humidité de quelques échantillons de sol. Mais les chiffres donnés dans la colonne Évp du tableau XII sont déjà moins précis car on a dû faire les moyennes de consommation pour des périodes qui ne correspondent plus au cycle d'arrosage des cuves. Ainsi, par exemple, quand dans les cuves, l'évapotranspiration pour deux jours est de 10 mm, et que cette période de deux jours chevauche deux périodes d'irrigation dans l'objet I₁, on répartit les 10 mm en deux fois 5 mm alors que, réellement, l'évapotranspiration est peut-être de 3 mm le premier jour et de 7 mm le deuxième jour.

Évapotranspiration. — Si on compare les chiffres de l'évapotranspiration dans l'objet 1₁ (Éva) avec ceux de l'évapotranspiration potentielle (Évp) en cuves, on remarque des différences qui, à première vue, semblent assez aberrantes.

Au début du cycle végétatif, les consommations des tabacs en champ sont inférieures à celles des tabacs des cuves, ce qui est logique puisque en champ les arrosages sont plus espacés et l'évaporation du sol est plus faible mais les consommations augmentent très rapidement alors que les trois objets de l'essai en cuves lysimétriques montrent une faible variation de l'évapotranspiration pendant les vingt-sept premiers jours.

Une augmentation plus rapide de l'évapotranspiration en champ peut être due, en partie, à une augmentation de l'évaporation

du sol quand la longueur du cycle d'arrosage diminue (tandis que dans les cuves le cycle est constant). Mais cette forte variation est certainement due principalement au fait que les premiers chiffres de Éva sont sous-estimés. En effet, suite aux irrigations avant la plantation et aux nombreux arrosages de reprise, le sol est gorgé d'eau; les échantillonnages montrent que, jusqu'au 30 mai, l'humidité est voisine de 32 % dans la couche exploitée par les racines et, le 3 juin, soit cinq jours après l'arrêt des irrigations de reprise, l'humidité est encore de 31 % à 15 cm de profondeur. Ce n'est donc que plusieurs jours après la fin des irrigations de reprise que l'eau de percolation est entièrement disparue et, entre-temps, une partie de cette eau est consommée par le tabac, ce qui fausse les chiffres de Éva. Notons que, dans les cuves, ce phénomène ne se présente pas car le drainage est meilleur.

Du 17 au 22 juin, on enregistre une plus forte consommation dans le champ que dans les cuves d'évapotranspiration.

Des variations différentes dans les deux séries de chiffres peuvent être dues au fait que les chiffres Évp du tableau XII ont perdu de leur précision et qu'ils représentent les consommations de trois plants seulement et au manque de précision de la méthode de mesure de l'humidité du sol. Les échantillons de sol sont prélevés à une distance de 10 cm des plants de tabac et il se peut que l'humidité ainsi déterminée diffère de l'humidité moyenne dans la butte, principalement quand le tabac n'a pas encore atteint son plein développement.

La terre apportée par les buttages ainsi que la variation de l'épaisseur de la couche à réhumecter peuvent également amener des variations inattendues dans les chiffres de Éva.

Grâce aux chiffres de Éva, il est possible de calculer et de tracer les courbes de consommation : une courbe ascendante pour la période de croissance de la plante (premier et deuxième mois) et une courbe descendante correspondant à la maturation des feuilles, courbes du second degré, répondant à la formule :

$$y = ax^2 + bx + c.$$

Comme les conditions climatiques varient parfois très fort en cours d'essai, les valeurs de Éva ne sont pas nécessairement sur une courbe; cette dernière ne donne donc que l'allure générale de l'évapotranspiration.

Les courbes sont calculées en prenant comme valeurs de x les intervalles de temps entre deux arrosages et pour valeurs de y les chiffres d'évapotranspiration correspondants.

Pour faciliter les calculs, tout en gardant suffisamment de précision, on considère que le cycle d'arrosage a toujours la même

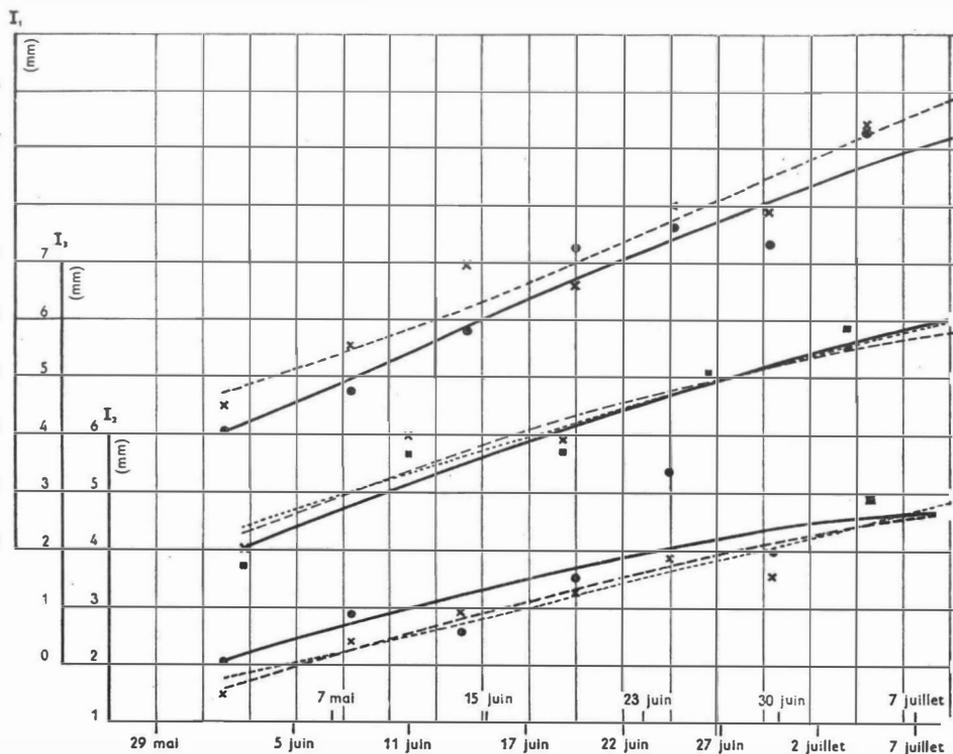


Fig. 7. — Pluv

durée; les valeurs de x , qui représentent l'âge du tabac, sont donc croissantes et elles sont numérotées x_0 (29 mai au 4 juin), x_1 (5 juin au 10 juin), x_2 (11 juin au 17 juin), etc.

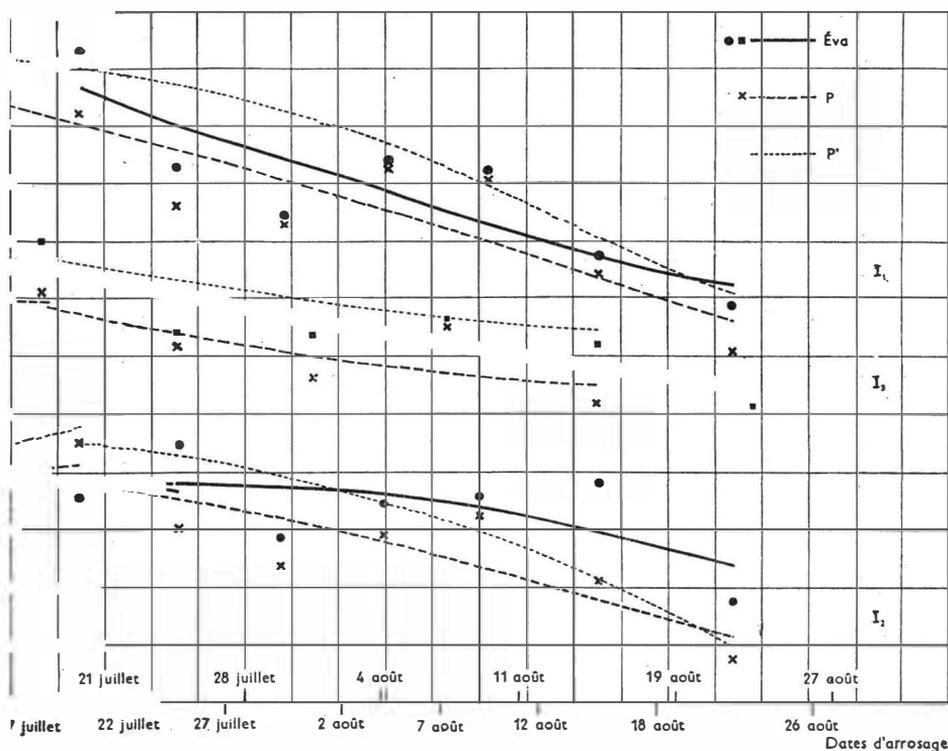
Sur le graphique de la figure 7, on porte en abscisse les dates d'arrosage et en ordonnée, au point moyen entre deux dates, les valeurs de Éva du tableau XII et celles correspondantes aux courbes. Pour avoir plus de clarté dans le graphique, on adopte trois échelles d'ordonnée pour les trois objets « irrigation » (décalage de 2 mm).

La courbe ascendante est calculée pour la période allant du 29 mai au 21 juin puisque les valeurs de Éva croissent jusque cette dernière date et la courbe descendante correspond à la période du 17 juillet au 25 août. Il y a donc un seul maximum (8,32) qui intervient dans le calcul des deux courbes.

On obtient les formules suivantes :

Courbe ascendante $y = -0,0352 x + 0,995 x + 1,991$;

Courbe descendante $y = 0,005 x^2 - 0,595 x + 7,587$.



transpiration.

Pluviosité. — Les courbes « moyennes » de pluviosité sont calculées de la même manière. Cependant, le tableau XII montre que la pluviosité appliquée atteint un palier voisin de 8 mm entre le 7 et le 16 juillet, la courbe ascendante est calculée pour la période du 29 mai au 11 juillet (max. : 8,08 mm) et la courbe descendante correspond à la période du 12 juillet au 25 août (max. : 7,94 mm).

Les deux formules trouvées sont :

Courbe ascendante $y = - 0,005 x^2 + 0,775 x + 2,703$;
 Courbe descendante $y = - 0,025 x^2 - 0,365 x + 7,411$.

Mais les tests d'efficacité ont montré qu'à partir du quarante-neuvième jour, les buttes reçoivent plus d'eau que l'interligne. Si on ajoute 10 % à la dose du 17 juillet, 15 % à celles des 22 et 27 juillet, 20 % à celles des 2, 7, 12 et 18 août et 10 % à celle du 26 août, on ne surestime certainement pas les quantités d'eau tombée dans les buttes. Et si avec les chiffres de pluviosité ainsi obtenus, on calcule la « courbe descendante corrigée », P', on obtient la formule :

$$y = - 0,074 x^2 - 0,063 x + 8,127.$$

Examen des consommations en eau et des courbes Éva et P. — Le tableau XIII reprend la pluviosité réelle (P), les chiffres de pluviosité ajustés (courbes P et P'), l'évapotranspiration réelle (Éva) et les chiffres d'évapotranspiration ajustés (courbes Éva).

Tableau XIII.
Pluviosité et évapotranspiration I₁.

Périodes	P réelle	P courbe	P' courbe corrigée	Éva réelle	Éva courbe
29 mai - 4 juin	2,43	2,70		2,04	1,99
5 juin - 10 juin	3,53	3,47		2,71	2,95
11 juin - 16 juin	4,95	4,23		3,79	3,84
17 juin - 21 juin	4,56	4,98		5,20	4,67
22 juin - 26 juin	5,94	5,72		5,55	5,42
27 juin - 1 juill.	5,88	6,46		5,33	6,10
2 juill. - 6 juill.	7,28	7,19		7,25	6,71
7 juill. - 11 juill.	8,08	7,91		7,11	7,25
12 juill. - 16 juill.	7,94	7,41	8,13	7,47	7,72
17 juill. - 21 juill.	7,10	7,02	7,99	8,32	8,12/7,59
22 juill. - 26 juill.	5,52	6,58	7,71	6,26	7,00
27 juill. - 1 août	5,27	6,09	7,27	5,40	6,42
2 août - 6 août	6,30	5,55	6,69	6,40	5,85
7 août - 11 août	6,02	4,95	5,97	6,18	5,30
12 août - 17 août	4,37	4,31	5,09	4,73	4,75
18 août - 25 août	3,01	3,61	4,07	3,83	4,21

(a) Période de croissance. — La courbe P est toujours au-dessus de la courbe Éva. En général, les doses d'irrigation sont donc légèrement trop fortes et la courbe Éva représente l'évapotranspiration maximale moyenne pour la période et le cycle d'arrosage considéré.

L'évapotranspiration varie, *grosso modo*, de 2 à 8 mm et ce maximum est atteint vers le cinquante-cinquième jour après la plantation.

L'humidité du sol les jours d'arrosages (*q*) diminue du début à la fin de la période de croissance au fur et à mesure de l'augmentation des consommations; elle passe de 24,8 à 19,3 % et est de 21,9 % en moyenne pour les dix premiers arrosages. Les irrigations ont donc lieu (en moyenne) quand il reste 38 % d'eau utile dans le sol.

(b) Période de maturation. — La courbe P est en dessous de la courbe Éva mais la courbe P' est nettement au-dessus. Comme les

coefficients d'efficacité sont sous-estimés, on peut, en toute certitude, de dire que pendant la période de maturation, les irrigations sont trop fortes et il y a certainement un gaspillage d'eau.

La courbe Éva représente donc, ici aussi, l'évapotranspiration maximale moyenne.

L'évapotranspiration passe, *grosso modo*, de 8 à 4 mm en fin de période de maturation.

Pendant cette période, l'humidité du sol, les jours d'arrosage, est assez constante : 22,3 % en moyenne, ce qui correspond à 41 % de l'eau utile totale.

(c) Conclusions. — Pour le cycle d'arrosage de l'objet I₁, les valeurs maximales adoptées pour l'évapotranspiration sont les suivantes (en millimètres) :

2,0 - 3,0 - 3,9 - 4,7 - 5,4 - 6,1 - 6,7 - 7,3 - 7,7 (max. de 7,8) - 7,6 - 7,0 - 6,4 - 5,8 - 5,3 - 4,8 - 4,2.

En appliquant les coefficients d'efficacité, on obtient finalement les doses moyennes journalières à ne pas dépasser :

2,0 - 3,0 - 3,9 - 4,7 - 5,4 - 6,1 - 6,7 - 7,3 - 7,0 - 6,6 - 6,1 - 5,3 - 4,8 - 4,4 - 4,0 - 3,8.

Ces chiffres de pluviosité sont valables pour des conditions climatiques moyennes semblables à celles de l'essai. Ils sont donc obtenus à partir des valeurs moyennes de l'évapotranspiration; ils diffèrent parfois assez bien des valeurs réelles constatées dans l'essai mais, si on les avait appliqués, le résultat aurait certainement été identique. En effet, le sol contient toujours une certaine réserve d'eau puisque l'humidité n'y descend jamais jusqu'au niveau du point de flétrissement; il joue donc un rôle de tampon. Quand la dose d'irrigation est inférieure à l'évapotranspiration, la plante puise dans les réserves du sol et celles-ci sont reconstituées quand la dose est trop importante.

Donc, pour des conditions climatiques moyennes analogues à celles de l'essai, les chiffres cités peuvent être adoptés même si les éléments climatiques fluctuent d'une manière un peu différente.

b. Irrigation I₂.

Les courbes d'évapotranspiration et de pluviosité sont calculées comme pour l'objet I₁; elles sont également représentées sur le graphique de la figure 7.

Comme il y a un seul maximum de pluviosité (5,46 mm) pour la période du 17 au 21 juillet, la courbe ascendante est calculée pour la période allant du 29 mai au 21 juillet et on calcule également une courbe ascendante corrigée.

Le tableau XIV donne les valeurs de q , Q' , H , P , $\dot{E}va$ et les valeurs ajustées de P , P' et $\dot{E}va$.

Les doses Q' sont plus ou moins égales aux deux tiers des doses de I_1 .

Comme les coefficients d'efficacité ne sont pas connus avec précision, les valeurs H calculées sont assez approximatives et en est de même pour les valeurs de $\dot{E}va$ qui en découlent.

Tableau XIV.

*Humidité du sol.
Pluviosité et évapotranspiration I_2 .*

Dates ou périodes	q	Q'	H	P	$\dot{E}va$	P courbe	P' courbe	$\dot{E}va$ courbe
5 juin	24,8	10,6	29,2	1,51	2,04	1,62	1,77	2,06
11 juin	22,2	14,6	28,2	2,43	2,83	2,24	2,25	2,68
17 juin	23,0	17,4	28,8	2,90	2,59	2,80	2,72	3,22
22 juin	22,9	16,1	28,3	3,22	3,53	3,31	3,18	3,69
27 juin	20,8	19,2	26,2	3,84	5,33	3,75	3,64	4,07
2 juill.	20,6	17,8	25,6	3,56	3,98	4,14	4,08	4,38
7 juill.	18,7	24,5	25,7	4,90	4,91	4,46	4,53	4,62
12 juill.	18,7	25,1	25,8	5,02	4,98	4,73	4,96	4,78
17 juill.	20,5	21,2	26,5	4,24	3,77	4,94	5,38	4,86
22 juill.	20,0	27,3	28,8	5,46	4,62	5,09-4,82	5,80-5,49	4,86
27 juill.	21,2	19,7	27,6	3,94	5,40	4,51	5,27	4,78-4,83
2 août	21,0	19,8	27,7	3,30	3,91	4,15	4,94	4,79
7 août	21,5	19,3	28,0	3,86	4,41	3,74	4,51	4,63
12 août	21,6	20,9	28,6	4,18	4,55	3,28	3,95	4,35
18 août	20,4	18,4	26,6	3,07	4,86	2,78	3,29	3,95
26 août	20,2	13,6	24,8	1,70	2,84	2,22	2,51	3,42

(a) Période de croissance. — La courbe $\dot{E}va$ est au-dessus des courbes P et P' pendant la plus grande partie de la période de croissance. Les doses d'irrigation sont évidemment insuffisantes pour ramener le taux d'humidité du sol au niveau de la capacité de rétention en champ puisqu'elles ne valent que les deux tiers des doses de I_1 et l'évapotranspiration est ralentie.

Quand les besoins en eau du tabac augmentent, il puise de plus en plus dans les réserves du sol dont le pourcentage d'humidité descend jusque 18,7. A ce niveau, il reste 16 % d'eau utile dans le sol et cette eau est beaucoup plus difficilement assimilable par la plante.

L'évapotranspiration atteint donc un maximum qu'elle ne peut guère dépasser suite au manque d'eau dans le sol.

En fin de période de croissance, les courbes P et P' sont au-dessus de la courbe Éva mais l'évapotranspiration n'augmente plus et l'excès d'eau va reconstituer une partie des réserves du sol.

Les valeurs de Éva passent de ± 2 à ± 5 mm, ce maximum est également atteint vers le cinquante-cinquième jour de végétation.

La moyenne de l'humidité du sol, les jours d'arrosage, est de 21,2%, ce qui correspond à 34% d'eau utile.

(b) Période de maturation. — La courbe P est en dessous de la courbe Éva; celle de P' est au-dessus au début de la période puis elle passe également en dessous.

L'évapotranspiration est donc inférieure à celle de l'objet I₁ mais on constate que la diminution des valeurs de Éva est nettement plus lente : la courbe est d'abord aplatie puis elle s'incurve; le minimum atteint après nonante jours de végétation n'est pas tellement inférieur à celui de I₁ : 3,4 mm au lieu de 4,2 mm.

Le pourcentage d'humidité minimale moyenne du sol équivaut à 32 % de l'eau utile.

(c) Conclusions. — Pour le même cycle d'arrosage que I₁, mais pour des doses d'irrigation plus faibles, les courbes de Éva ont une allure toute différente. L'évapotranspiration ne présente pas un maximum mais plutôt un palier où elle reste presque constante pendant un mois; ce palier chevauche les deux périodes « croissance » et « maturation ». Nous avons déjà constaté le même phénomène dans l'essai sous abri vitré.

Dans cet objet, il n'y a certainement pas eu de gaspillage d'eau; ceci a d'ailleurs été démontré par les tests de percolation.

Les valeurs d'évapotranspiration que nous adoptons pour cet objet sont les suivantes :

2,0 - 2,7 - 3,2 - 3,7 - 4,1 - 4,4 - 4,6 - 4,8 - 4,9 - 4,9 - 4,8 - 4,8 - 4,6 - 4,4 - 4,0 - 3,4.

c. *Irrigation I₃*.

Nous reprenons les mêmes données que pour I₂ dans le tableau XV.

Pour I₃, les coefficients d'efficacité sont appliqués aux doses d'irrigation comme suit : 15 % pour les irrigations des 21 et 28 juillet, 20 % pour celles des 4, 11 et 19 août. Le 27 août, il tombe une pluie de 21,3 mm qui remplace l'arrosage prévu pour ce jour.

(a) Période de croissance. — Au début, la pluviosité est un peu trop forte mais, à la fin de la période, la courbe P' est pratiquement confondue avec la courbe Éva; cette dernière représente donc l'évapotranspiration maximale moyenne pour le cycle d'arrosage de l'objet I₃.

Les valeurs de Éva passent de 2 à 6,6 mm, ce maximum est atteint vers le cinquante-cinquième jour.

Tableau XV.

Humidité du sol.
Pluviosité et évapotranspiration I₃.

Dates ou périodes	q	Q'	H	P	Éva	P courbe	P' courbe	Éva courbe
7 juin	24,3	18,0	> 30,7 (31,7)	2,00	1,73	2,25	2,37	2,02
15 juin	21,1	31,6	> 30,9 (31,7)	3,98	3,66	3,35	3,29	3,11
23 juin	20,8	30,6	31,0	3,83	3,78	4,26	4,12	4,07
30 juin	21,1	34,7	30,9	4,96	5,03	4,98	4,88	4,90
7 juill.	19,4	39,3	30,5	5,61	5,84	5,51	5,56	5,60
14 juill.	19,7	40,4	31,1	5,77	5,48	5,84	6,16	6,18
21 juill.	18,1	42,1	29,9	6,01	6,98	5,97/5,80	6,68/6,63	6,62/6,54
28 juill.	20,5	35,5	> 31,0	5,07	5,33	5,36	6,25	6,02
4 août	20,5	32,3	> 31,0	4,61	5,33	4,99	5,93	5,55
11 août	20,0	38,6	> 31,0	5,51	5,59	4,71	5,65	5,15
19 août	19,4	33,4	> 31,0	4,18	5,16	4,52	5,43	4,80
27 août	21,7	21,3	(pluie)		4,13			4,51

La quantité moyenne d'eau utile restant dans le sol les jours d'arrosage est égale à environ 30 % de l'eau utile totale mais le minimum absolu est de 12 %; ce minimum est enregistré quand l'évapotranspiration est au maximum.

(b) Période de maturation. — Comme pour I₂, la courbe P est en dessous de la courbe Éva mais la courbe P' est au-dessus. Les irrigations

sont donc trop copieuses surtout vers la fin de la période et il y a un gaspillage d'eau.

La courbe Éva représente l'évapotranspiration maximale moyenne pour ce cycle; le minimum calculé en fin de période est de 4,5 mm.

L'humidité minimale moyenne du sol équivaut à 25 % de l'eau utile.

(c) Conclusions. — Il y a très peu de gaspillage d'eau dans cet objet sauf à la fin du cycle végétatif.

Les valeurs maximales adoptées pour l'évapotranspiration sont :
2,0 - 3,1 - 4,1 - 4,9 - 5,6 - 6,2 - 6,6 - 6,0 - 5,6 - 5,2 - 4,8 - 4,5.

En appliquant les coefficients d'efficacité à partir du 14 juillet (10 %), on a les valeurs de pluviosité à ne pas dépasser :

2,0 - 3,1 - 4,1 - 4,9 - 5,6 - 5,6 - 5,6 - 5,1 - 4,5 - 4,2 - 3,9 - 3,9.

d. Résumé.

Les courbes d'évapotranspiration pour les trois objets sont représentées sur le graphique de la figure 8; en abscisse, on porte l'âge de la plante en jours et en ordonnée les consommations en millimètres.

— En moyenne, les irrigations sont appliquées quand il reste 40 % de l'eau utile dans le sol pour l'objet I₁ et de 25 à 30 % pour l'objet I₃; l'humidité minimale moyenne de I₂ est comprise entre celles de I₁ et I₃.

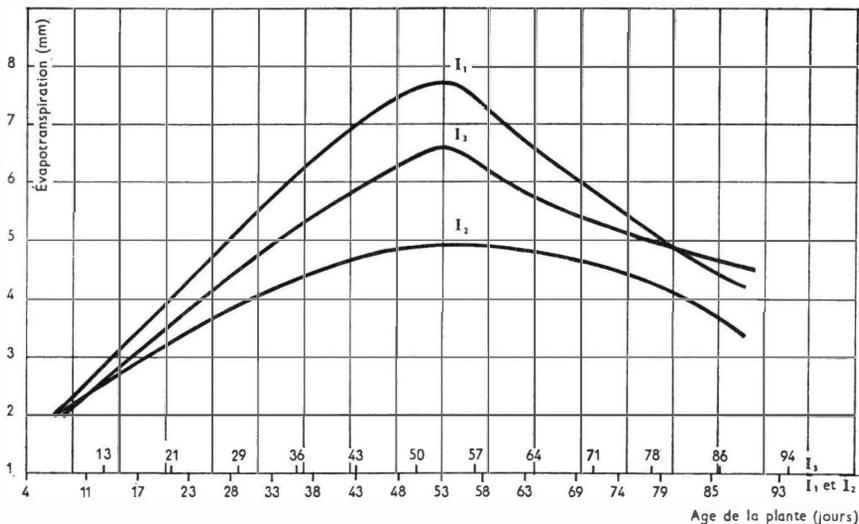


Fig. 8. — Tabac 1961. Évapotranspiration.

— Pendant la période de forte consommation, le pourcentage d'eau utile dans le sol peut descendre en dessous de 20 mais à ce niveau la consommation par le tabac est très faible.

— Les objets I_1 et I_3 reçoivent des irrigations qui ramènent le taux d'humidité dans le sol au niveau de la capacité de rétention en champ. Les courbes d'évapotranspiration actuelle représentent donc l'évapotranspiration maximale pour les deux cycles d'arrosage choisis. Elles ont une allure très semblable mais le maximum est plus petit dans l'objet I_3 dont le cycle est plus long et, comme ce maximum est moins élevé, la partie descendante de la courbe (maturation) est plus aplatie que celle de l'objet I_1 . Pour ces deux objets, l'évapotranspiration moyenne journalière passe de 2 mm à, respectivement, 7,8 mm en I_1 et 6,6 mm en I_3 , puis elle diminue pour atteindre une valeur comprise entre 4,2 et 4,5 mm en fin de période de maturation.

— L'objet I_2 a le même cycle que l'objet I_1 , mais les doses d'irrigation y sont moins copieuses. Il s'en suit que l'évapotranspiration atteint un maximum nettement moins élevé qu'en I_1 : 4,9 mm. La consommation totale reste presque constante pendant un certain laps de temps de part et d'autre du maximum et la décroissance de la courbe est moins rapide que dans les objets I_1 et I_3 ; en fin de période de maturation, l'évapotranspiration est de 3,4 mm.

— Pour tous les objets, le maximum de l'évapotranspiration est atteint vers le cinquante-cinquième jour de végétation.

9. Conclusions de l'essai.

L'analyse statistique montre que c'est la modalité d'irrigation de l'objet I_2 qui donne le meilleur rendement et, pourtant, c'est dans cet objet que l'évapotranspiration est la plus faible pendant toute la durée du cycle végétatif.

La production inférieure de I_1 , par rapport à I_2 , est due principalement à une pluviosité trop forte (une partie de l'eau est perdue par percolation et elle entraîne des éléments fertilisants) et peut-être également au manque d'aération du sol.

En I_3 , c'est probablement la longueur du cycle qui provoque une diminution de rendement. La consommation moyenne par période est plus forte dans l'objet I_2 mais la quantité d'eau évapotranspirée ne se répartit pas d'une manière régulière pendant les sept ou huit jours du cycle.

Après un arrosage, la consommation est très importante, elle diminue au fur et à mesure de l'épuisement de l'eau dans le sol et,

pendant les derniers jours, elle est très faible; les courbes de décroissance de l'humidité sont caractéristiques, elles s'aplatissent nettement dans les derniers jours du cycle. C'est dans cet objet que l'humidité minimale moyenne est la plus faible (25 à 30 %) et que le minimum absolu est le plus bas (12 %). Malgré des doses copieuses, les plants souffrent donc de la sécheresse pendant un ou deux jours avant chaque irrigation, tout au moins pendant la période de grande consommation.

Un cycle d'arrosage de sept jours n'est donc pas à préconiser, même pour un sol du type Kaniama dont le pouvoir de rétention en eau est très élevé et, dans la mesure du possible, il est préférable de choisir le cycle d'arrosage des objets 1 et 2, c'est-à-dire un cycle de cinq jours pendant la période de forte consommation.

Les rendements sont cependant excellents dans les trois objets et les différences entre les objets ne sont guère spectaculaires. On pourrait donc, à la rigueur, appliquer l'une ou l'autre des trois modalités d'irrigation de l'essai ou, en cours de végétation, changer de modalité si cela était nécessaire, par exemple, diminuer les doses de I_1 si la réserve d'eau menace de s'épuiser, ou passer d'un cycle de cinq jours à un cycle de sept jours en cas de panne du matériel d'irrigation, etc.

Normalement, les doses les plus favorables doivent être calculées à partir des chiffres de Éva de l'objet I_2 en appliquant les coefficients d'efficacité. Mais nous avons vu que malgré une répartition de l'eau très régulière dans cet objet (maximum : 9 % d'écart entre les minimum et maximum de pluviosité et la moyenne), les plages de moindre pluviosité se remarquent dans le champ car les tabacs y ont un développement plus faible. Les doses appliquées dans l'objet I_2 sont donc, en moyenne, des minimums en dessous desquels il ne faut pas descendre et il semble que des doses supérieures à celles de I_2 , mais inférieures à celles de I_1 , auraient donné un rendement encore plus élevé.

Si on applique les chiffres de pluviosité calculés pour I_1 , le résultat sera déjà meilleur que celui obtenu dans l'essai où les doses étaient trop fortes. Mais comme la répartition de l'eau n'est jamais uniforme, même en grande culture, il nous semble préférable de réduire ces chiffres de 10 %, ce qui limitera les pertes par percolation dans les zones où la pluviosité est la plus forte et les plages recevant le moins d'eau auront une pluviosité au moins égale à la moyenne de l'objet 2 de 1961.

On obtient les chiffres donnés ci-après pour le cycle de l'objet 2. Ils permettent de tracer la courbe des « besoins en eau du tabac White Burley » (fig. 9) :

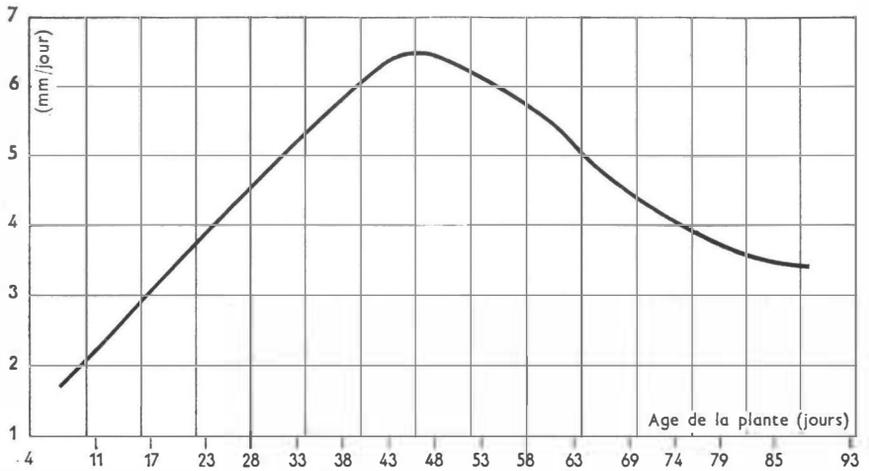


Fig. 9. — Besoins en eau du tabac White Burley (1961).

Intervalles entre deux arrosages (jours)	Pluviosité moyenne journalière (mm)	Doses (mm)	
7	1,8	12,6	
6	2,7	16,2	
6	3,5	21,0	
5	4,2	21,0	
5	4,9	24,5	
<hr/>			
(29)	(Moyenne : 3,3)	95,3	Total du premier mois.
5	5,5	27,5	
5	6,0	30,0	
5	6,5	32,5	
5	6,3	31,5	
5	5,9	29,5	
5	5,5	27,5	
<hr/>			
(30)	(Moyenne : 6,0)	178,5	Total du deuxième mois.
6	4,8	28,8	
5	4,3	21,5	
5	4,0	20,0	
6	3,6	21,6	
8	3,4	27,2	
<hr/>			
(30)	(Moyenne : 4,0)	119,1	Total du troisième mois.
<hr/>			
(89)	(Moyenne : 4,4)	392,9	Total des trois mois.

On peut remarquer que :

— La pluviosité préconisée est comprise entre la pluviosité réelle des objets I_1 et I_2 de l'essai de 1961 et elle se rapproche assez bien de celle de l'objet I_3 .

— Bien que ne valant que 90 % de la pluviosité maximale calculée pour le cycle considéré, le total des besoins en eau est supérieur au total de l'évapotranspiration de l'objet I_2 de l'essai.

— La pluviosité moyenne journalière passe de ± 2 à ± 5 mm du début à la fin du premier mois, elle atteint un maximum de 6,5 mm vers le quarante-cinquième jour de végétation puis elle diminue jusque $\pm 3,5$ mm vers le nonantième jour. Normalement, après nonante jours, les irrigations peuvent être arrêtées.

— Pour les vingt-quatre premiers jours qui suivent les irrigations de reprise, on a une pluviosité moyenne journalière de 3 mm, soit exactement la même valeur qu'en 1960.

I. — *Influence des conditions climatiques sur les consommations en eau.*

Les données climatiques essentielles relevées à la Station d'Éco-climatologie, des années 1960 et 1961, et les moyennes pour les années précédentes sont reprises dans le tableau XVI (p. 88) pour les mois de mai à septembre. Ce tableau renseigne également les quelques mesures effectuées près du champ de tabac en 1961.

Si on compare les relevés, à la Station d'Écoclimatologie, des mois de juin, juillet et août correspondant aux essais de 1960 et 1961 avec les moyennes des années précédentes, on voit que les températures sont, en général, un peu plus élevées mais l'évaporation (PICHE) et le déficit de saturation sont plus faibles sauf pour le mois d'août 1961.

Pour les deux années, 1960 et 1961, on remarque qu'en juin l'évaporation est plus faible en 1961, en juillet il n'y a guère de différence mais, en août, elle est nettement plus forte en 1961. La vitesse du vent varie à peu près de la même manière et elle a certainement une influence assez grande sur l'évaporation.

Enfin, si on compare les mesures réalisées en 1961, à proximité du champ de tabac, avec celles de la Station d'Écoclimatologie, on constate qu'au point de vue températures, il n'y a pas de grands écarts mais l'évaporation et le déficit de saturation sont moindres

Tableau XVI.
Climatologie.

Mois	Température (1) (°C)			Évaporation (1) (PICHE)		Déficit de saturation (1) (mb)			Vitesse du vent (km/h)	
	Max.	Min.	Moy.	Abri	Extention	6 h	15 h	18 h	6-18 h	6-6h
	<i>Station d'Écociimatologie</i>									
Moyennes des années antérieures :										
Mai	30,3	16,8	23,6	6,1	10,1	2,8	23,7	13,8		
Juin	30,6	15,4	23,0	9,1	15,0	5,4	29,0	19,5		
Juillet	30,7	15,2	23,0	10,0	16,3	6,4	31,0	21,3		
Août	30,9	16,6	23,7	7,1	11,6	4,1	27,6	18,2		
Septembre	30,0	17,4	23,6	4,6	7,6	2,0	19,2	10,8		
1960 :										
Mai	31,3	16,7	24,0	6,1	10,4	2,8	24,1	13,2	7,60	6,35
Juin	31,3	16,5	23,9	8,9	14,8	4,9	28,2	18,1	7,78	7,86
Juillet	30,6	15,4	23,0	8,4	14,7	5,0	28,8	18,6	8,79	7,97
Août	31,7	16,7	24,2	6,5	11,2	4,0	29,1	18,5	5,81	4,67
Septembre	29,5	17,4	23,5	3,7	6,8	1,7	16,7	9,4	5,89	4,65
1961 :										
Mai	31,7	17,5	24,6	5,0	8,9	2,7	20,7	12,1	8,37	7,51
Juin	32,3	16,5	24,4	7,6	13,4	4,5	27,5	17,6	7,14	6,54
Juillet	32,0	16,3	24,2	8,4	14,4	5,0	27,8	18,7	8,04	7,25
Août	31,4	16,2	23,8	8,6	14,5	5,3	28,9	19,5	8,20	6,76
Septembre	30,7	17,1	23,9	4,0	6,9	1,5	19,0	8,7	6,43	4,88
<i>Champ de tabac (1961)</i>										
Mai	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juin	32,0	16,3	24,2	7,0	11,1	—	—	—	—	—
Juillet	32,0	16,4	24,2	7,0	11,7	4,2	26,2	17,6	—	—
Août	31,6	16,0	23,8	6,4	11,1	4,3	26,6	13,8	—	—
Septembre	30,1	17,1	23,6	3,1	5,5	1,1	16,7	9,1	—	—

(1) Température : 1954-1960; évaporation (PICHE) : 1955-1960; déficit de saturation : 1957-1960.

près du champ. Cela s'explique par le fait que la Station d'Écologie est située sur un plateau tandis que le champ de tabac se trouve à une altitude inférieure et il est plus ou moins protégé par des rideaux de galerie forestière.

Il ressort de ce qui précède que, pour les deux essais de 1960 et 1961, le pouvoir évaporant de l'atmosphère à la Station d'Écologie est moins élevé que normalement pendant la période de croissance (juin-juillet) et dans le champ les conditions climatiques sont encore moins sévères. En général, les champs de tabac de saison sèche ne sont pas situés dans des endroits aussi dégagés et aussi exposés au vent que l'emplacement de la Station de météorologie de l'I.N.É.A.C.

Donc, si on parvient à établir une relation entre l'évapotranspiration du tabac aux divers stades végétatifs et le pouvoir évaporant de l'air, pour appliquer cette relation il faudrait placer des appareils de mesure dans les différents champs de tabac et non pas se baser sur les conditions moyennes de la région qui, actuellement, sont données par la Station météorologique de l'I.N.É.A.C. Cette façon de procéder serait assez difficile à appliquer car elle demanderait, pour chaque planteur, un certain équipement et des observations journalières.

De toute façon, pour des raisons économiques, l'expérimentation sur tabac White Burley est, actuellement, abandonnée à Kaniama et il n'est donc plus possible de déterminer, par des essais, une relation précise entre l'évapotranspiration et l'époque de plantation.

Faute de données plus précises, nous considérons donc les chiffres de pluviosité préconisés au paragraphe précédent, comme valables pour les mois de juin, juillet et août tout en sachant bien que, suivant l'emplacement du champ et suivant l'année, ils pourront être un peu surestimés ou sous-estimés, mais des conditions climatiques légèrement différentes de celles de l'essai ne risquent cependant pas de provoquer de fortes variations de rendement. Les essais de 1960 et 1961 ont d'ailleurs donné pratiquement la même évapotranspiration pendant le premier mois de culture bien que le pouvoir évaporant de l'air pendant le mois de juin soit plus élevé en 1960.

Pour les plantations réalisées plus tôt ou plus tard dans la saison sèche, les consommations en eau peuvent être assez bien différentes de celles de l'essai de 1961; seule, l'expérimentation en champ aurait pu nous renseigner exactement à ce sujet. A défaut d'autres indications, nous sommes forcés de faire varier les doses d'irrigation en nous basant uniquement sur la variation du pouvoir évaporant de l'air.

1. Plantations réalisées au début du mois de mai.

Pendant le premier mois de culture, le pouvoir évaporant de l'air est nettement moins élevé que pour les deux essais de 1960 et 1961 (mois de juin). Comme on ne sait pas dans quelle proportion l'évapotranspiration sera réduite, nous adoptons les chiffres de pluviosité de l'objet 2 de l'essai (courbe P). De cette façon, nous sommes certains que le tabac recevra suffisamment d'eau mais il se peut que les doses soient un peu trop fortes.

En juin et juillet, les conditions climatiques sont à peu près semblables; pour le deuxième mois de végétation, on peut donc appliquer les chiffres de pluviosité donnés précédemment.

En général, le mois de juillet est plus sec que le mois d'août mais ce n'est pas le cas dans l'essai de 1961 et on peut également adopter les chiffres découlant du graphique de la figure 9 pour la période de maturation. Notons que pour des conditions climatiques normales, ces chiffres sont un peu surestimés quand la période de maturation coïncide avec le mois d'août mais, pendant cette période végétative, un léger excédent d'eau ne cause certainement pas de grands torts à la culture car, même si il provoque un certain lessivage des engrais restant dans le sol, cela n'a plus grande importance pour le développement des plants.

2. Plantations effectuées au début du mois de juillet.

Comme nous l'avons dit plus haut, les conditions climatiques du mois de juillet sont assez semblables à celles du mois de juin.

Le deuxième mois de culture coïncide avec le mois d'août où, habituellement, le pouvoir évaporant de l'air est sensiblement atténué. Pendant ce mois de forte croissance, il est important de ne pas donner des doses d'irrigation trop fortes pour éviter de « lessiver » les engrais mais une trop faible pluviosité peut provoquer un ralentissement du développement végétatif. On appliquera les doses réelles de l'objet 2 en 1961.

La maturation se fera en septembre où l'évaporation est très faible, les doses de l'objet 2 seront certainement plus que suffisantes.

Cette façon de calculer les doses d'irrigation est évidemment très approximative mais, en procédant ainsi, on a au moins la certitude que le tabac aura suffisamment d'eau à sa disposition.

Il faudra aussi, bien entendu, tenir compte des précipitations naturelles et diminuer la pluviosité artificielle prévue en conséquence.

J. — Conclusions générales.

Détermination des doses d'irrigation.

En tenant compte de l'influence des facteurs climatiques, on peut donc tracer les trois courbes du graphique de la figure 10; elles représentent approximativement les besoins en eau du tabac White Burley, exprimés en millimètres de pluie, pour les trois dates de plantation choisies : début mai, début juin et début juillet. Pour les plantations réalisées entre deux de ces dates, les chiffres de pluviosité peuvent être déterminés par interpolation entre les valeurs données par les deux courbes correspondantes.

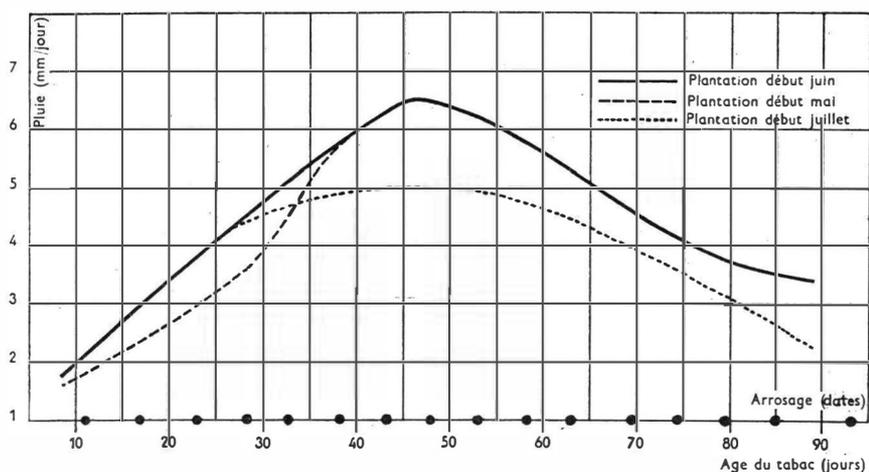


Fig. 10. — Besoins en eau du tabac White Burley (1961).

Le cycle d'irrigation recommandé est celui de l'objet 2 de l'essai de 1961; les dates d'arrosage sont représentées par des points sur l'axe des abscisses. L'intervalle moyen entre deux arrosages est de six jours pendant le premier mois de culture, de cinq jours par la suite, puis de nouveau de six jours à la fin du troisième mois.

Les courbes de consommation en eau sont cependant applicables pour des cycles légèrement différents.

Pour déterminer les doses d'irrigation, il faut prendre comme abscisse le point moyen entre la date d'arrosage choisie et la précédente et rechercher la valeur de pluviosité journalière correspondante; cette valeur est à multiplier par le nombre de jours qui se sont écoulés depuis l'irrigation antérieure.

Il est bien entendu que les courbes des besoins en eau du tabac sont valables uniquement pour une production de matière sèche semblable à celle obtenue dans l'essai de 1961, soit $\pm 3\ 000$ kg de feuilles à l'hectare et pour le sol du type Kaniama argileux.

Si suite à de pratiques culturales inadéquates, à une fumure minérale insuffisante ou, encore, à d'autres raisons, la production est nettement moindre, l'évapotranspiration sera réduite.

En sol léger, le cycle d'arrosage devra être plus court et, pour une même production, l'évapotranspiration sera certainement un peu plus forte car l'évaporation par le sol sera plus élevée. Connaissant la consommation journalière, la longueur du cycle sera calculée en tenant compte de la quantité d'eau utile que peut retenir le sol dans la couche exploitée par les racines.

Rappelons que pour avoir une bonne reprise dans un champ de tabac, il faut veiller à ce que le sol soit bien humidifié avant la plantation et les jeunes plants doivent être arrosés de nombreuses fois pendant les jours qui suivent le repiquage.

Nous conseillons deux arrosages copieux pendant les trois jours qui précèdent la plantation, l'un avant et l'autre après l'application des engrais; les doses de ces irrigations varient suivant la date de plantation et, en pleine saison sèche, 30 mm à chaque passage sont suffisants.

Si la mise en place des jeunes plants s'effectue en fin d'après-midi, après une journée chaude, il est bon de donner un arrosage léger (5 mm) avant la plantation.

Pour toute sécurité, les arrosages de reprise seront appliqués pendant les quatre jours qui suivent, à raison de 10 mm par jour en deux passages.

BIBLIOGRAPHIE

1950. BULTOT, F., Carte des régions climatiques du Congo belge établie d'après les critères de KÖPPEN. (Comm. n° 2 du Bureau climatologique), Publ. I.N.É.A.C., Coll. in-4°.
1964. GOFFINET, R., Essai d'adaptation du caféier Robusta avec irrigation par aspersion à Kaniama (Haut-Lomami), Publ. I.N.É.A.C., Série techn. n° 71.
1955. FOCAN, A. et MULLENDERS, W., Carte des sols et de la végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Livraison 1 : Kaniama (Haut-Lomami). Publ. I.N.É.A.C., Carte Sols Végét. Congo, Rwanda, Burundi.
1954. BOSE, R.C., CLATWORTHY, W.H. et SHRIKHANDE, S.S., Tables of Partially Balanced Designs with two Associate Classes. Raleigh, North Caroline Agr. Exp. Station, Tech. Bull. n° 107.

PHOTOGRAPHIES



Photo 1. — Détermination de la capacité de rétention en champ en 1960.

Photo R. GOFFINET



Photo 2. — Détermination de la capacité de rétention en champ en 1960.

Photo R. GOFFINET



Photo 3. — Mesure de la pluviosité.

Photo R. NIEUWENHUYSE



Photo 4. — Mesure de la pluviosité.

Photo R. GOFFINET



Photo 5. — Essai sous abri vitré (pot n° 1 : objet 1; pot n° 4 : objet 2, etc.).

Photo R. GOFFINET

Photo 6. — Cuves d'évapo-transpiration; à l'arrière plan : toiture en paille protégeant la tranchée où se trouvent les récipients collecteurs des eaux de percolation.

Photo R. GOFFINET



Photo 7. — Cuves d'évapotranspiration.

Photo R. GOFFINET



Photo 8. — Plantation de l'essai de 1961.

Photo R. NIEUWENHUYSE

Photo 9. — Essai de 1961. Irrigation de reprise.

Photo R. NIEUWENHUYSE



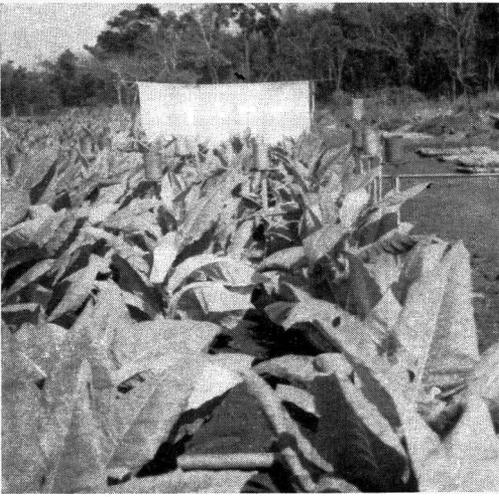


Photo 10. — Tests d'efficacité
(mesure de la pluviosité).

Photo R. GOFFINET

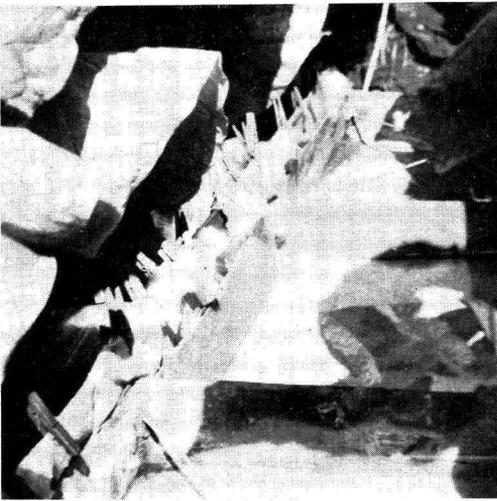


Photo 11. — Tests d'efficacité.
Au centre : bacs de mesure de
la pluviosité dans l'interligne. A
gauche : réservoirs en plastique
autour des plants de tabac.

Photo R. GOFFINET

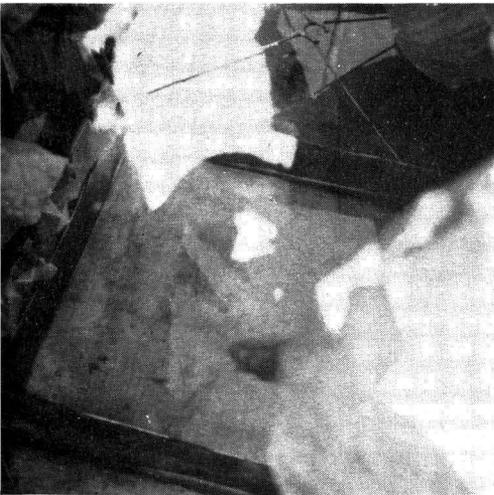


Photo 12. — Tests d'efficacité.

Photo R. GOFFINET



Photo 13. — Irrigation de reprise 1961 (à gauche : une cuve pour les tests de percolation).

Photo R. NIEUWENHUYSE

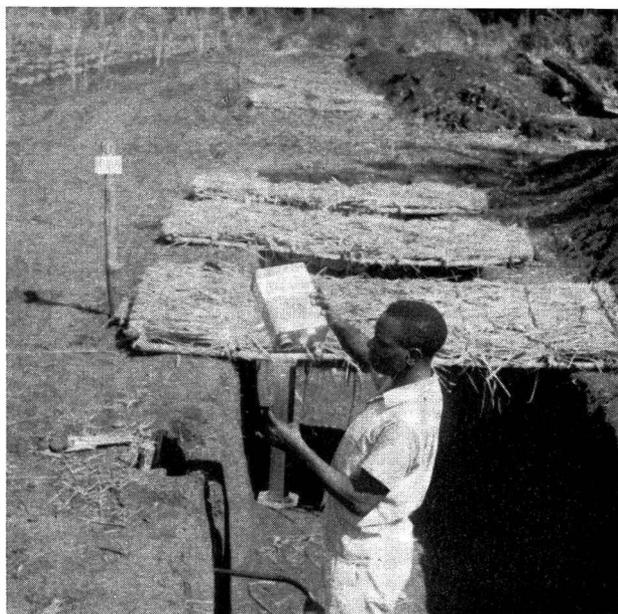


Photo 14. — Tests de percolation (mesure des eaux de percolation).

Photo R. GOFFINET

Prix 125 F

M. WEISSENBRUCH S.A.
40, rue de l'Orphelinat
BRUXELLES 7