



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

C. F. C. S.

**ASSOCIATION INTER-CARAÏBE DES PLANTES ALIMENTAIRES
CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY**

**COMPTES RENDUS – SEPTIÈME CONGRÈS ANNUEL
PROCEEDINGS – SEVENTH ANNUAL MEETING**

Martinique — Guadeloupe

1969

VOLUME VII

MICROCLIMAT LUMINEUX DANS UNE CULTURE DE PATATE DOUCE ; INCIDENCE SUR LA PHOTOSYNTHÈSE

R. BONHOMME

avec la collaboration technique de J. GUINARD

INTRODUCTION

La production de matière sèche d'un couvert végétal est le résultat des productions élémentaires des feuilles qui le constituent. La photosynthèse d'une feuille active dépend, pour une grande part, de son éclaircissement. L'énergie utile reçue par une culture étant d'origine solaire, il est nécessaire, pour mieux connaître la production d'une culture entière, d'étudier la répartition de cette énergie à l'intérieur de celle-ci.

Pour procéder à une telle étude nous avons tenté de caractériser le couvert végétal par des paramètres indépendants de l'espèce végétale étudiée ou des conditions de culture (densité, espacement des rangs...). Nous avons pour cela comparé la végétation à un modèle simple défini par la connaissance de données communes à toutes les cultures (couvert semi-hétérogène, cf. CHARTIER, 1966).

La culture choisie est de la patate douce (*Ipomoea batatas*), variété Duclos XI, âgée de trois mois environ ; à ce stade on peut estimer que le couvert végétal ne présente plus d'hétérogénéité horizontale (l'effet des rangs devient négligeable).

Il importe d'abord de définir la géométrie de cette culture, nous avons donc déterminé la disposition des parties aériennes intervenant sur la pénétration de la lumière. Puis nous avons mesuré la part d'énergie réfléchie, transmise, ou absorbée, et comparé les valeurs obtenues à celles déduites des lois de pénétration établies sur un modèle simple ayant une géométrie analogue. La connaissance de la quantité et de la qualité de l'énergie absorbée, ainsi que de la façon dont cette énergie est répartie entre les différentes feuilles, permet de faire des remarques sur la photosynthèse du couvert végétal.

Définitions relatives aux rayonnements d'origine solaire

On appelle rayonnements d'origine solaire l'énergie reçue au sol entre 300 et 3 000 nm (nanomètre = 10^{-9} m), c'est-à-dire entre l'ultraviolet lointain et le proche infrarouge ; il faut noter que dans cette bande, seules les longueurs d'onde comprises entre 400 et 700 nm, soit une proportion de 45 % environ, sont directement utiles à la

photosynthèse. Ces rayonnements, mesurés par des pyranomètres à surface réceptrice horizontale, arrivent au sol sous deux formes :

- le rayonnement solaire direct : $I \sin h$, h étant la hauteur du soleil,
- le rayonnement diffusé par le ciel et les nuages : D .

On appelle rayonnement global G la somme : $I \sin h + D$.

Les mesures de rayonnement ont été effectuées à l'aide de pyranomètres de MOLL ; la détermination des compositions spectrales à l'aide d'un spectroradiomètre I. S. C. O., modèle SR.

I. GÉOMÉTRIE DE LA CULTURE

Nous désignons par géométrie d'une culture les caractéristiques morphologiques qui interviennent sur la pénétration de la lumière à l'intérieur de celle-ci. Pour un couvert végétal homogène ce sont essentiellement :

- la surface foliaire,
- les probabilités d'orientation des feuilles,
- les surfaces d'interception des tiges et pétioles, ces grandeurs peuvent être déterminées pour une tranche ou pour la totalité de la végétation étudiée.

1.1. *Indice foliaire (L. A. I.)*

C'est la surface des feuilles rapportée à l'unité de surface de sol. Pour l'évaluer nous avons choisi une méthode d'estimation reliant la surface de chaque feuille à une grandeur simple : sa longueur. La relation (fig. 1) :

$$\log S = -0,06 + 2,04 \log L \quad (\text{avec un coefficient de corrélation } r = 0,93 \text{ pour } 60 \text{ échantillons})$$

peu différente de :

$$S = 0,87 L^2$$

où : S est la surface de la feuille en cm^2 ,

L est la longueur de la feuille (jusqu'au point d'insertion du pétiole) en cm , permet de mesurer la surface foliaire par tranches de végétation (fig. 2 a).

1.2. *Orientation des feuilles*

Nous supposons que l'azimut des feuilles (angle du plan vertical passant par l'axe du limbe et de celui orienté vers le soleil) prend toutes les valeurs possibles avec la même probabilité. Il est alors facile de caractériser l'orientation des feuilles par leur inclinaison (angle avec le plan horizontal).

Le résultat de la mesure des probabilités d'inclinaison faite, sur la culture entière, à l'aide d'un rapporteur, est indiqué sur la figure 2 b. Malgré une certaine fluctuation au cours de la journée (particulièrement par journée chaude entraînant une baisse de turgescence marquée) le couvert végétal présente toujours un « port horizontal » caractéristique : la valeur moyenne d'inclinaison calculée est voisine de 30° .

1.3. *Tiges et pétioles*

Etant donné la morphologie particulière de la plante (tiges rampantes et pétioles verticaux portant chacun une feuille), seuls les pétioles font obstacle à la pénétration de la lumière. Nous avons estimé (fig. 2 a) les surfaces d'obstruction créées dans chaque tranche de végétation (nombre de pétioles \times diamètre moyen \times demi-épaisseur de la couche considérée). Dans la partie basse de la culture ces organes végétaux ont une surface d'interception qui ne peut être négligée.

2. ENERGIE RÉFLÉCHIE PAR LA CULTURE

Lorsque l'énergie lumineuse pénètre dans le couvert végétal, il se produit à chaque feuille ou organe végétal rencontré des phénomènes de réflexion ou de diffusion de la lumière et, en particulier, une part du rayonnement incident est réfléchi vers le haut (albédo).

2.1. *Composition spectrale de la lumière réfléchi*

Un faisceau lumineux subit, lors de son passage à travers une feuille, des modifications en direction, qualité, et quantité par :

- réflexion vitreuse due à la variation brutale d'indice de réfraction entre l'air et le limbe foliaire,
- réflexion diffuse de surface due aux irrégularités superficielles,
- diffusion (réflexions et réfractions multiples) par les constituants des tissus foliaires,
- absorption due aux pigments et à d'autres éléments constitutifs tels que l'eau.

Il en résulte que la lumière réfléchi a une composition spectrale très différente de celle de la lumière incidente : nous avons donc mesuré la variation du facteur de réflexion monochromatique en fonction de la longueur d'onde.

La lumière réfléchi par la culture est caractérisée par un maximum relatif dans le vert et des valeurs très importantes dans l'infrarouge proche (fig. 3 a). Malgré la précision assez faible des mesures au-delà de 800 nm, nous avons observé dans cette région des variations notables, variations à mettre en relation, dans une étude plus précise, avec la turgescence des feuilles de patate.

2.2. *Variations de l'énergie totale réfléchi*

Les considérations précédentes permettent de penser que tous les facteurs jouant sur la composition spectrale de la lumière incidente (et, en particulier, la hauteur du soleil et la part d'énergie diffuse D dans l'énergie totale G) vont intervenir sur la proportion d'énergie réfléchi par la culture. Sur la figure 3 b sont indiquées les variations d'albédo en fonction de h et du rapport D/G . Par ciel clair l'énergie réfléchi augmente lorsque la hauteur du soleil diminue (effet de « miroir » des feuilles horizontales) ; par ciel couvert ($D = G$) l'albédo est beaucoup plus faible et sa variation avec la hauteur du soleil est inversée. Pour des hauteurs de soleil importantes la quantité

d'énergie réfléchié varie peu en fonction de D/G , alors qu'elle prend des valeurs très différentes pour h faible.

Cette légère augmentation de l'albédo, puis ensuite cette baisse lorsque la part d'énergie diffuse croît, ne peut être expliquée par la modification de la composition spectrale, nous sommes donc amenés à penser que la lumière diffusée par l'ensemble de la voûte du ciel, de par son caractère non directionnel, est mieux absorbée par la culture.

3. PÉNÉTRATION DE L'ÉNERGIE LUMINEUSE DANS LA CULTURE

A un niveau dans le couvert végétal l'éclairement, par unité de surface de sol, est dû :

- au rayonnement solaire direct à l'emplacement des taches de soleil (de surface relative s), soit $I \sin h \times s$,
- au rayonnement diffusé par le ciel et qui pénètre par les « trous » de la voûte végétale, soit $D1$,
- au rayonnement solaire direct intercepté puis diffusé par les feuilles, soit $D2$.

Nous pouvons négliger, dans un premier temps, la faible part d'énergie due à la rediffusion des rayonnements $D1$ et $D2$ après interception par des feuilles.

3.1. *Evaluation des différentes formes de l'énergie transmise*

3.1.1. *Taches de soleil.*

a) *Techniques de mesure utilisées.*

Fibres optiques. Nous avons utilisé des fibres optiques qui, déplacées horizontalement dans la végétation, permettent, à chaque pointage, de compter à l'extrémité libre le nombre de points ensoleillés. Pour que l'estimation statistique de l'importance des taches de soleil soit suffisamment précise, nous avons, à chaque niveau, pris environ 400 points de mesure (100 positions de la baguette de mesure portant 4 fibres optiques). Cette technique, intéressante pour des cultures de petite taille, nécessite des mesures rapides et répétées pour différentes hauteurs du soleil.

Photos hémisphériques. Par l'emploi d'un objectif « fish eye » dont l'angle de visée est de 180° nous obtenons des photos qui permettent la mesure de l'importance des « trous » dans le couvert végétal, donc de l'importance des taches de soleil probables en fonction de la hauteur du soleil. Etant donné la variabilité assez importante des valeurs obtenues (surtout pour les zones concentriques proches de la verticale) il est nécessaire de faire un nombre important de photos (nous avons estimé à trente la quantité de points de mesure nécessaire pour avoir une précision suffisante, dans le cas de la patate).

b) *Résultats.*

Sur la figure 4 *a* nous avons porté les résultats de mesure de la surface relative des taches de soleil sous la culture. Les valeurs obtenues avec les photos hémisphériques sont plus complètes et en bon accord avec les données recueillies à l'aide des fibres

optiques. Pour les fortes hauteurs du soleil, la surface éclairée directement par le soleil atteint, sous la culture, 20 % de la surface du sol.

3.1.2. *Energie solaire totale.*

a) *Technique de mesure.*

A partir du principe de fabrication décrit par SZEICZ *et al.* (1964), nous avons réalisé, à l'aide de circuits imprimés de constantan, des pyranomètres linéaires. La présence d'une surface sensible de grande taille (1 × 30 cm) assure une mesure de l'éclairement énergétique « moyen » à un niveau dans la culture ; de plus, le faible coût de ces appareils permet de multiplier les points de mesure.

b) *Résultats.*

La connaissance de la pénétration de l'énergie solaire totale et du rayonnement solaire direct donne, par différence la part de lumière diffuse (D1 + D2) à chaque niveau dans la culture. Nous constatons, sur la figure 4 b, que l'énergie solaire totale diminue rapidement dans les premières couches de feuilles puis lentement ensuite ; par contre, l'énergie sous forme diffuse reste importante et ne décroît que lentement en fonction de l'indice foliaire.

3.2. *Comparaisons entre les mesures et les valeurs théoriques calculées*

Nous allons comparer les mesures des différents termes de l'énergie solaire totale avec les valeurs obtenues par le calcul en assimilant la culture à un couvert « semi-hétérogène » (CHARTIER, 1966).

3.2.1. *Définitions et lois relatives à un couvert végétal « semi-hétérogène ».*

En faisant sur une culture les hypothèses suivantes :

- l'azimut (§ 1-2) des feuilles peut prendre n'importe quelle valeur avec la même probabilité,
- les feuilles sont réparties de façon uniforme dans chaque tranche de végétation (pas de superpositions privilégiées).

CHARTIER en déduit des lois de pénétration des différentes formes d'énergie dans ce couvert végétal.

— *Taches de soleil* : $s = e^{-bf}$.

— *Energie solaire totale* : $E = E_0 e^{-kf}$

où :

- s = surface relative des taches de soleil,
- f = indice foliaire,
- E = Eclairement énergétique sur un plan horizontal,
- E_0 = Eclairement énergétique au-dessus de la culture diminué de l'énergie réfléchie :

$$E_0 = (1 - a) (I \sin h + D)$$

- a = albédo (§ 2),
- b = coefficient égal à :
 - $\cos i$ si i inférieur à h ,

- une fonction connue, mais complexe, de i et de h , si i est supérieur à h ,
- i = inclinaison des feuilles,
- h = hauteur du soleil,
- K = coefficient d'extinction, égal à $(1 - T) \cos i$,
- T = facteur de transmission des feuilles.

3.2.2. Mesures et calculs théoriques.

Nous avons tracé, sur la figure 4 (en pointillés), les courbes correspondant aux valeurs théoriques calculées en supposant que nous avons affaire à un couvert « semi-hétérogène » :

- d'indice foliaire total $F = 2,84$,
- dont les feuilles ont une inclinaison moyenne $i = 30^\circ$,
- dont les pétioles sont verticaux.

Pour des hauteurs du soleil inférieures à 50° l'accord entre calculs et mesures est acceptable bien que le calcul sous-estime toujours la surface relative de taches de soleil. Cette différence se retrouve encore si nous considérons la pénétration de l'énergie en fonction de l'indice foliaire dans la culture. Nous pouvons penser que l'hypothèse sur la répartition uniforme des feuilles dans chaque tranche de végétation n'est pas parfaitement respectée : en fait, les feuilles des étages inférieurs ont tendance à se placer « à l'ombre » créée par les parties hautes de la culture.

Les comparaisons ci-dessus portent exclusivement sur des mesures faites par ciel clair, en effet, nous n'avons pas obtenu de données suffisamment précises pour pouvoir conclure dans le cas de ciels couverts et donc d'énergie solaire incidente faible. Nous pouvons toutefois signaler que la part d'énergie incidente transmise sous la culture est du même ordre de grandeur que dans les mesures ci-dessus.

3.3. Composition spectrale de la lumière transmise

Si l'énergie transmise directement sous la culture (taches de soleil, mais aussi rayonnement diffus du ciel : D_1) n'est pas modifiée en qualité, par contre le rayonnement rediffusé par les feuilles est très différent en composition spectrale (§ 2.1). En observant la courbe de transmission d'une feuille de patate en fonction de la longueur d'onde, nous retrouvons les caractéristiques déjà signalées dans le cas de la lumière réfléchie : faible transmission dans le visible avec léger maximum dans le vert, grande transparence dans le proche infrarouge (fig. 5). La part de lumière transmise est donc peu utile à la photosynthèse.

4. PHOTOSYNTÈSE DE LA CULTURE

La production de matière sèche totale d'un couvert végétal est la somme des productions élémentaires des feuilles qui le constituent. Il ne nous est pas possible comme dans les chapitres précédents, de donner des résultats précis car cette partie expérimentale commence seulement à être abordée. Toutefois, à partir de données bibliographiques, et aussi, en raisonnant sur le modèle physique, nous pouvons faire quelques remarques sur la photosynthèse de la culture. Après avoir discuté la forme de

la courbe représentant la production d'une feuille en fonction de l'éclairement énergétique reçu, nous examinerons l'influence du mode d'absorption de l'énergie lumineuse par la culture sur sa photosynthèse totale.

4.1. *Photosynthèse de l'unité de surface de feuille*

Considérons la production nette de matière sèche d'une unité de surface de feuille, c'est-à-dire la variation de matière sèche effectivement mesurée : à titre d'exemple nous pouvons prendre la courbe expérimentale obtenue, en conditions naturelles d'éclairement, par TSUNO et FUJISE (1965) avec des feuilles de patate douce (fig. 6) :

a) — Pour des éclaircissements nuls (point A), la feuille perd par respiration une petite quantité de matière sèche,

— le point B est appelé point de compensation, car, pour cet éclaircissement les gains par photosynthèse sont égaux aux pertes par respiration,

— à partir d'une certaine énergie reçue la feuille atteint une production maximale, toute augmentation d'éclairement se traduit par un accroissement de production faible ou nul (point C).

Nous ne pouvons attacher qu'une valeur indicatrice à la courbe de photosynthèse représentée sur la figure ; en effet, les points caractéristiques vont être différents selon l'âge de la feuille, les conditions de milieu (ventilation, température) et l'état physiologique de la plante (alimentation hydrique, nutrition minérale...).

4.2. *Production de matière sèche du couvert végétal*

Nous avons étudié la pénétration de l'énergie lumineuse dans la culture, il est donc possible d'en déduire la part de rayonnement solaire absorbé par chaque tranche de végétation. Compte tenu des restrictions faites ci-dessus sur la production de matière sèche d'une feuille en fonction de son éclaircissement, il est très difficile de calculer la production totale de la culture ; par contre, il est possible d'avoir une estimation qualitative des variations de la photosynthèse totale en fonction des paramètres qui interviennent sur la pénétration de l'énergie lumineuse dans le couvert végétal.

4.2.1. *Effet de l'indice foliaire.*

Lorsque le nombre de feuilles augmente nous en déduisons facilement qu'il y a accroissement, à la fois, de la photosynthèse et de la respiration :

— la respiration est supposée proportionnelle à l'indice foliaire (ou à la masse totale du végétal),

— pour les premières couches de feuilles la photosynthèse est importante, puis les couches inférieures recevant moins d'énergie procurent un accroissement plus faible de la photosynthèse totale.

Pour un certain indice foliaire, les feuilles les plus basses dans la culture vont être au point de compensation, et, tout accroissement au-dessus de cette valeur va entraîner une baisse de la production de matière sèche totale. Nous pouvons donc, de cette façon, définir un indice foliaire optimal qui, pour une plante donnée, va être fonction, en particulier, de l'énergie disponible pour la culture. Plus l'énergie lumineuse incidente est importante, plus cet indice foliaire optimal est élevé.

Pour le couvert de patate douce étudié par TSUNO et FUJISE cet indice foliaire optimal est situé aux environs de la valeur 3 (fig. 6 b).

4.2.2. Effet du mode d'absorption de la lumière par la culture.

Nous avons vu (§ 3.2.1) que la rapidité d'extinction de l'énergie totale dans une végétation pouvait être évaluée à l'aide d'un coefficient K . Dans un certain nombre de cas simples ce coefficient peut être exprimé de la manière suivante :

$K = (1 - T) \cos i$; il en résulte donc que l'atténuation de l'énergie lumineuse dans un couvert végétal est d'autant plus rapide que :

les feuilles sont plus horizontales, $\cos i$ tend alors vers 1,

le pouvoir de transmission des feuilles est plus faible.

Pour une énergie incidente donnée les calculs montrent qu'il existe un couple particulier de valeurs de l'indice foliaire optimal et du coefficient d'extinction qui conduit à la plus grande production possible pour le type de couvert étudié. Si l'éclairement augmente ce couple de valeurs optimales se déplace vers les valeurs élevées de l'indice foliaire et les valeurs faibles du coefficient d'extinction (CHARTIER, 1967).

CONCLUSION

Nous nous sommes attachés dans cette première étude sur le microclimat lumineux de la patate douce à évaluer séparément les différentes formes d'énergie d'origine solaire réfléchies, transmises ou absorbées. En particulier nous avons insisté sur les modifications de composition spectrale de ces divers rayonnements afin de pouvoir estimer leur utilité pour la photosynthèse de la culture.

La comparaison de la culture à un modèle simple, toute imparfaite qu'elle soit, nous a permis de retrouver et de discuter des notions souvent employées en écologie végétale, telles que, par exemple, celle d'indice foliaire optimal. L'utilisation d'un modèle physique peut être intéressante pour bien estimer le sens et l'importance des variations de production entraînées par un facteur.

L'aboutissement de ce type d'étude est l'évaluation de la production de matière sèche d'un couvert végétal entier, sur différents intervalles de temps. La connaissance des modifications de géométrie de la culture et leur influence sur la photosynthèse doivent nous permettre d'aborder avec profit des expérimentations de techniques culturales telles que : densité de semis, orientation des rangs... De plus la définition d'une disposition optimale du feuillage est une indication utile pour tout travail de sélection sur une plante donnée.

RÉSUMÉ

La mesure de la part d'énergie solaire réfléchie, transmise, ou absorbée est effectuée dans une culture de patate douce adulte (*Ipomoea batatas*) couvrant bien le sol. L'évaluation des différentes composantes des rayonnements transmis (lumière directe, lumière diffuse) est rendue possible par des techniques de mesures simples (fibres optiques, photos hémisphériques) ; une attention particulière est portée aux modifications de composition spectrale de la lumière réfléchie ou transmise.

La comparaison des mesures de pénétration de l'énergie dans le couvert végétal avec des valeurs calculées, en assimilant la culture à un modèle simple, est envisagée.

L'influence de la part d'énergie absorbée sur la photosynthèse de la culture est discutée en fonction des modalités d'absorption par l'ensemble du feuillage.

SUMMARY

LIGHT MICROCLIMATE IN A SWEET POTATO CROP CANOPY AND PHOTOSYNTHESIS

In a crop of sweet potato (*Ipomoea batatas*), covering completely the ground, we measure the part of solar energy reflected, transmitted, or absorbed. The valuation of different components (direct light, diffuse light) of radiation transmitted is possible with simple devices (optical fibers, hemispherical photographs); we bring one's mind to bear on the variations of spectral distribution of the light reflected or transmitted.

Then we compare the energy measures in the plant canopy to computed values, in assimilating the crop to a simple model.

Discussion is open on the influence of the absorbed energy part on the photosynthesis, in connection with the method of the light absorption by the plant canopy.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN (W. A.), RICHARDSON (A. J.), 1968. — Interaction of light with a plant canopy. *J. of the Opt. Soc. of Amer.*, 58, 8, 1023-1028.
- ANDERSON (M. C.), 1964. — Studies of the woodland light climate : I. The photographic computation of light conditions. *J. Ecol.*, 62, 27-41.
- CHAPMAN (T.), COWLING (D. J.), 1965. — A preliminary investigation into the effects of leaf distribution on the yield of sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Trop. Agric.*, 52, 3, 199.
- CHARTIER (P.), 1966. — Etude du microclimat lumineux dans la végétation. *Ann. agron.*, 17, 5, 571-602.
- CHARTIER (P.), 1967. — Lumière, eau et production de matière sèche du couvert végétal. *Ann. Agron.*, 18, 3, 301-331.
- COWAN (I. R.), 1968. — The interception and absorption of radiation in plants stands. *J. Appl. Ecol.*, 5, 2, 367-379.
- DEGRAS (L. M.), 1968. — Earliness and yield in sweet potatoe. 1. General growth analysis and varietal determination of yield. VIth Annual Meeting of Caribbean Food Crop Society, Trinidad, July 1968, 12 p.
- MARSHALL (J. K.), 1968. — Methods for leaf area measurement of large and small leaf samples. *Photosynthetica*, 2, 1, 41-47.
- MYERS (V. I.), ALLEN (W. A.), 1968. — Electroptical remote sensing methods as nondestructive testing and measuring techniques in agriculture. *Appl. Optics*, 7, 9, 1919-1938.
- SZEICZ (G.), MONTEITH (J. L.), DOS SANTOS (J. M.), 1964. — Tube solarimeter to measure radiation among plants. *J. Appl. Ecol.*, 169-174.
- TOOMING (H.), 1967. — The dependance of photosynthesis, plant growth and the geometrical structure of the foliage of the plant cover on the conditions of solar radiation in different latitudes. Traduit de Bot. Zhurnal, 52, 5, 601-616.
- TOOMING (H.), 1967. — Mathematical model of plant photosynthesis considering adaptation. *Photosynthetica*, 1, 3-4, 233-240.
- TSUNO (Y.), FUJISE (K.), 1965. — Studies on the dry matter production of sweet potato. *Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. (Tokyo)*, Ser. D, 13, 3-131.
- WILSON (W. J.), 1965. — Stand Structure and light penetration : I. Analysis by points quadrats. *J. Appl. Ecol.*, 2, 2, 383-390.

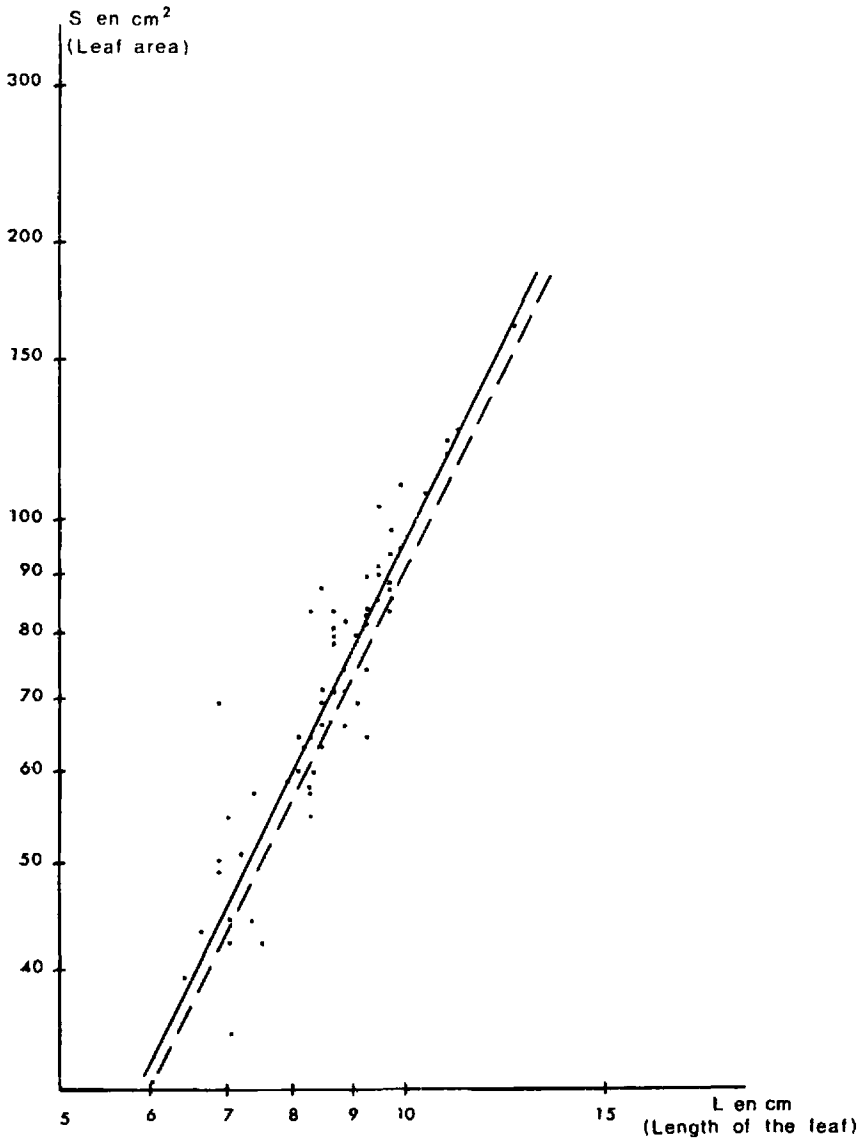


FIG. 1. — Evaluation de la surface des feuilles de patate
(Evaluation of the leaf area)

————— $\log S = -0,06 + 2,04 \log L$
 - - - - - $S = 0,87 D^2$.

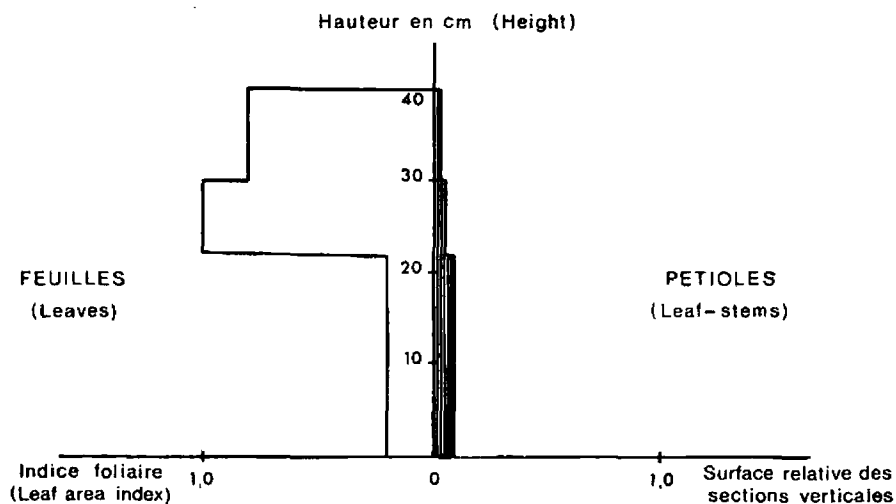
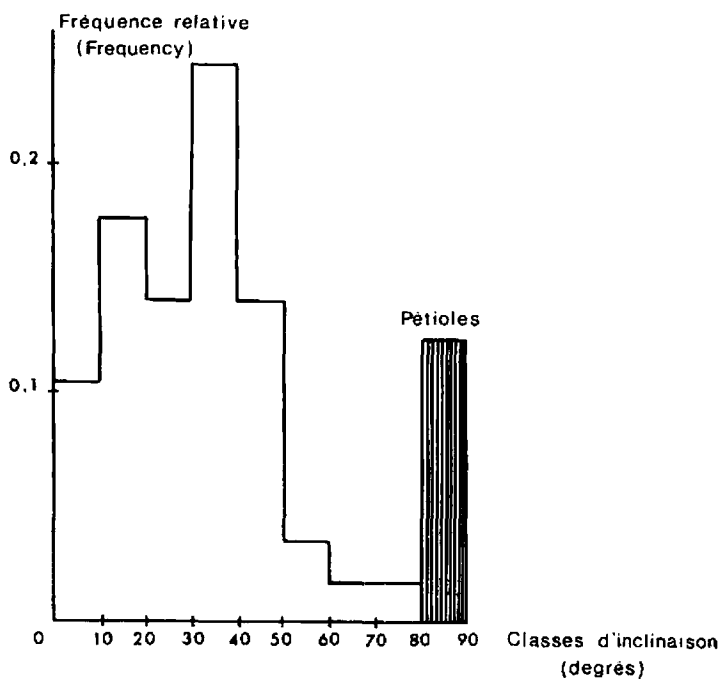


FIG. 2 a. — Répartition des feuilles et pétioles
(Leaves and leaf-stems display).



2 b. — Inclinaison des feuilles et pétioles
(Leaves and leaf-stems slope).

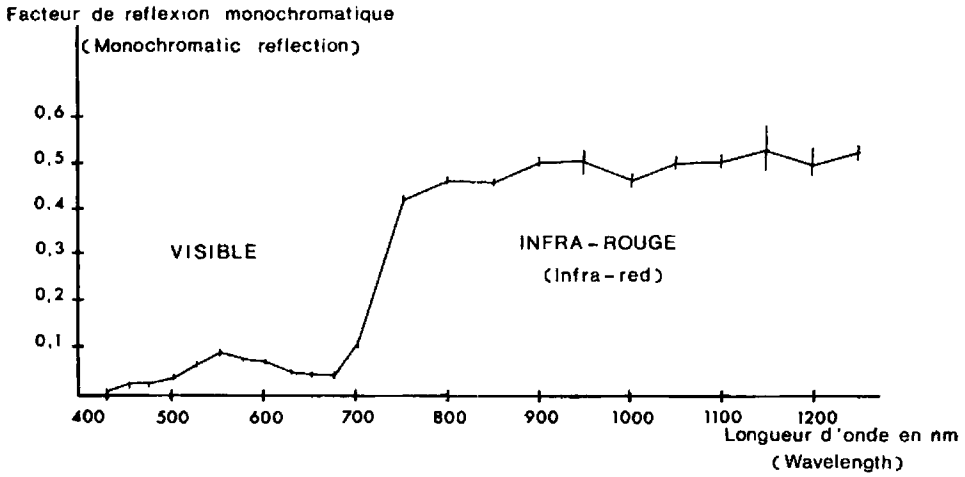
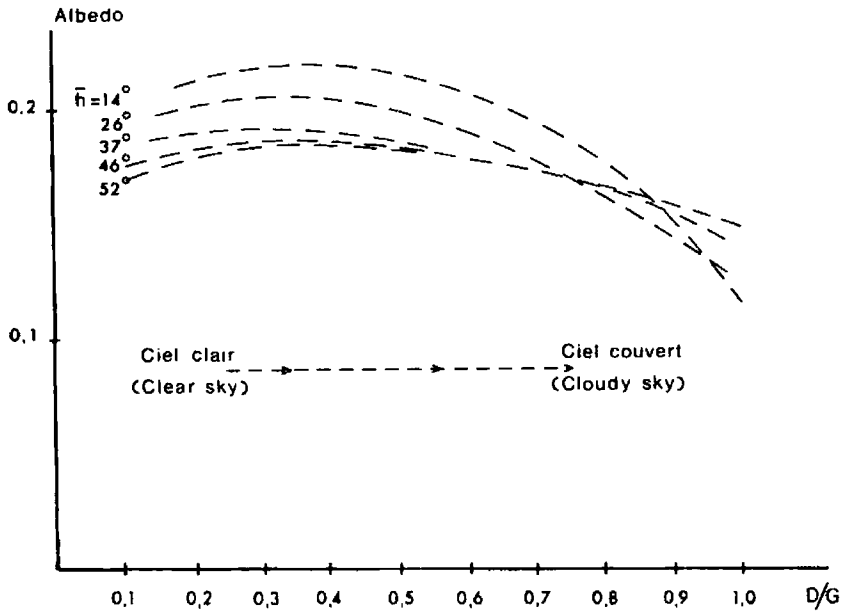


FIG. 3 a. — Composition spectrale de la lumière réfléchie par la culture (Spectral distribution of the light reflected by the canopy). Les traits verticaux indiquent la précision de la mesure.



3 b. — Variations de l'Albedo.
(Variations of the reflected energy)
 \bar{h} : hauteur moyenne du soleil
(mean solar altitude).

Surface relative des taches de soleil
(Sunflecks area)

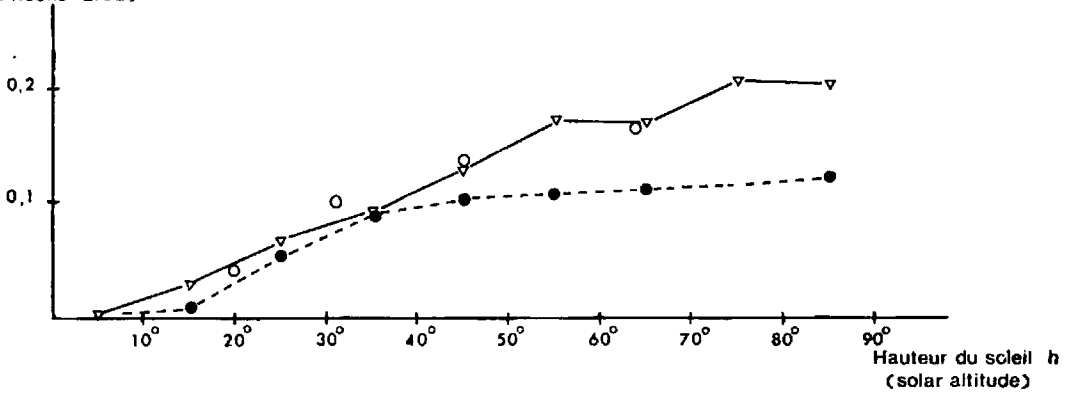
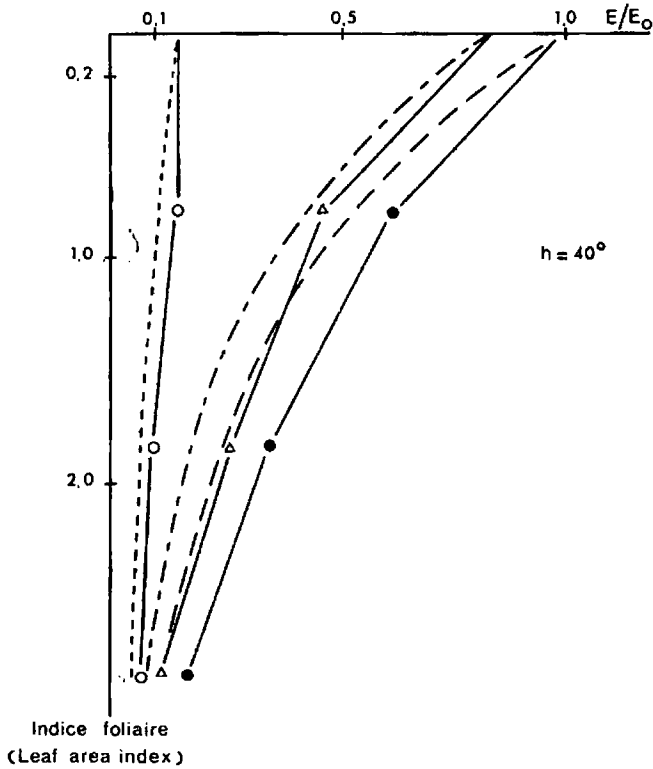


FIG. 4 a. — Taches de soleil sous la culture.
(Sunflecks under the canopy)

- △ Mesure à l'aide de photos hémisphériques (Measurement with « fish-eye »).
- Mesure aux fibres optiques (Measurement with optical fibers).
- Calculs théoriques (Computation).



4 b. — Profil lumineux dans la culture (Light within the canopy)

- $D_1 + D_2$
- △ $\frac{1}{\sin h} \bar{X} s$
- Energie totale (total energy).

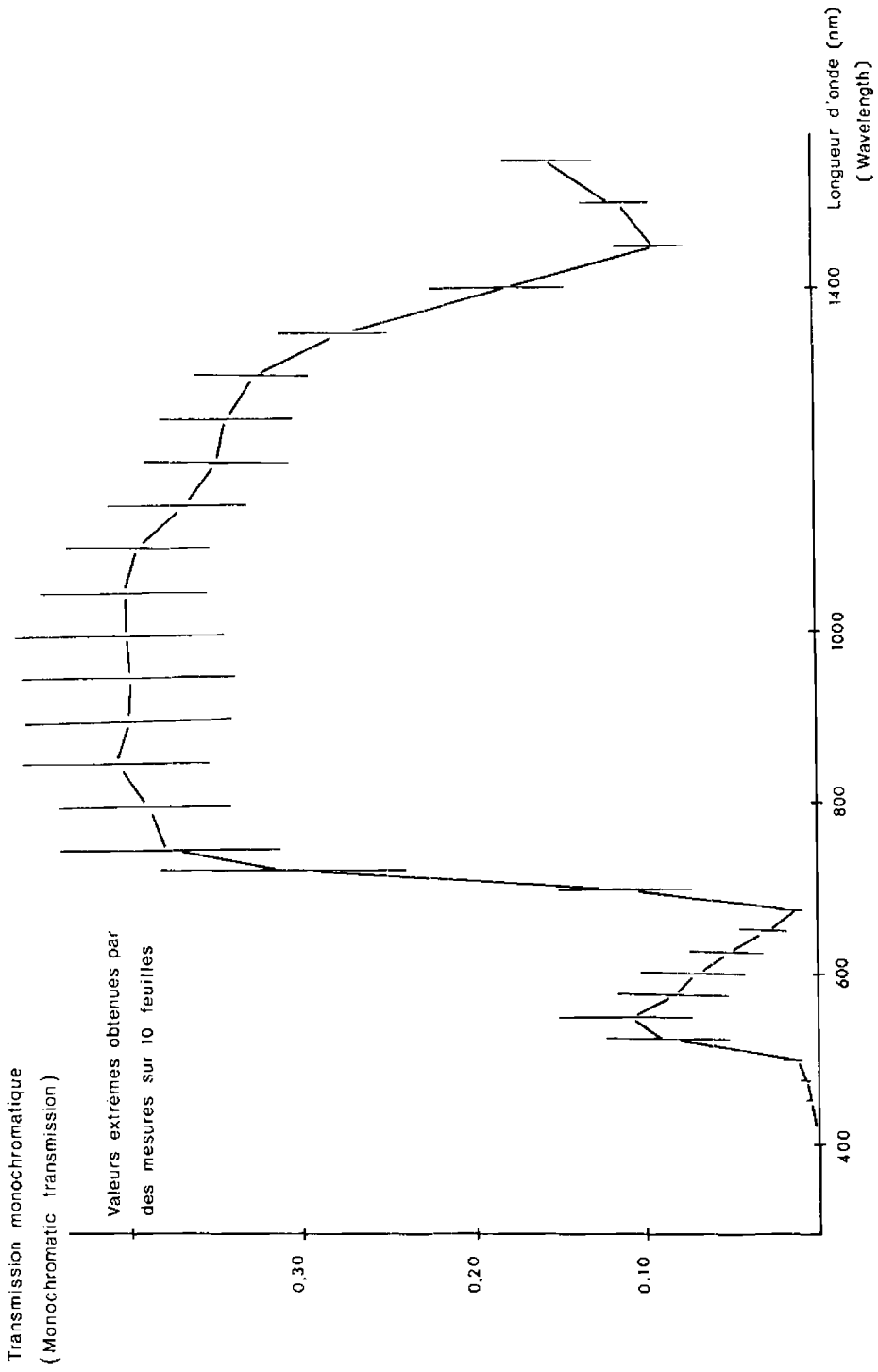


FIG. 5.

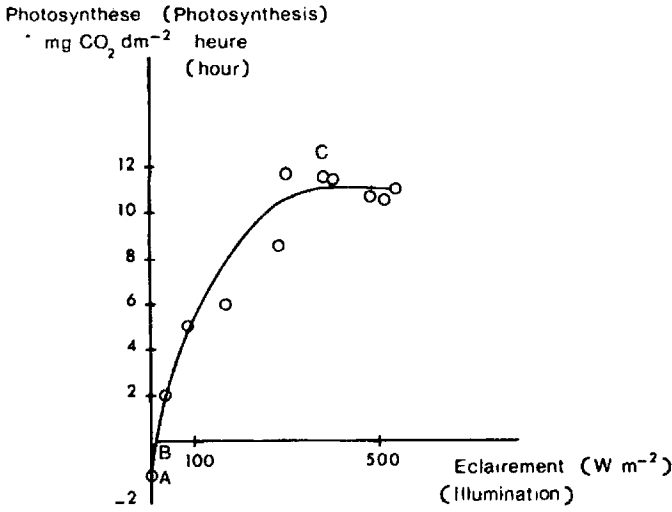
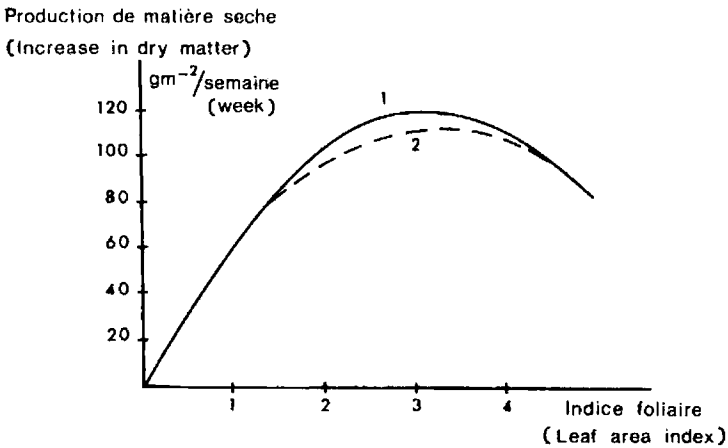


FIG. 6 a. — Photosynthèse d'une feuille de patate douce, d'après TSUNO et FUJISE, conditions naturelles (photosynthesis of a leaf of sweet potato)



6 b. — Indice foliaire optimal, d'après TSUNO et FUJISE.
 (Optimal leaf area index)
 $10^6 G_1 = 17.8 \text{ J m}^{-2} \text{ jour}^{-1}$
 $10^6 G_2 = 17.0 \text{ J m}^{-2} \text{ jour}^{-1}$
 (day)