



HAL
open science

Utilisation de l'énergie solaire par une culture de *Vigna sinensis*. IV - Influence de l'âge et des éclaircissements passés sur le potentiel photosynthétique des feuilles cotylédonaire

Raymond Bonhomme, C. Varlet-Grancher, M. Chartier, Philippe Artis

► To cite this version:

Raymond Bonhomme, C. Varlet-Grancher, M. Chartier, Philippe Artis. Utilisation de l'énergie solaire par une culture de *Vigna sinensis*. IV - Influence de l'âge et des éclaircissements passés sur le potentiel photosynthétique des feuilles cotylédonaire. *Annales Agronomiques*, 1977, 28 (2), pp.159-169. hal-02730211

HAL Id: hal-02730211

<https://hal.inrae.fr/hal-02730211>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation de l'énergie solaire par une culture de *Vigna sinensis*

IV. — Influence de l'âge et des éclaircissements passés sur le potentiel photosynthétique des feuilles cotylédonaire

R. BONHOMME *, C. VARLET GRANCHER *, M. CHARTIER * ET P. ARTIS

Station de Bioclimatologie
Centre de Recherches Agronomiques des Antilles et de la Guyane, I.N.R.A., Domaine Duclos
97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)

Résumé

La mesure des rayonnements incidents sur les feuilles cotylédonaire de *Vigna sinensis* a été effectuée dans les conditions naturelles sous différentes densités, avec ou sans ombrage. Il apparaît que le potentiel photosynthétique des feuilles, caractérisé ici par P_n max (palier de la courbe photosynthèse nette-éclairage) croît avec l'éclaircissement reçu pendant les jours précédents (10 jours environ) mais est, par ailleurs, fonction décroissante de l'âge. La relation établie permet une bonne simulation de la reprise d'activité de feuilles âgées soumises, par éclaircissage, à une augmentation de l'éclaircissement incident.

Les caractéristiques foliaires (propriétés optiques, teneur en chlorophylle, masse surfacique, épaisseur, densité et indice stomatiques) varient selon les traitements, mais ne peuvent expliquer les différences de photosynthèse observées.

I. — Introduction

La photosynthèse d'une feuille à un instant donné dépend des conditions extérieures auxquelles elle est soumise et de son potentiel photosynthétique (caractérisé par la courbe photosynthèse nette-éclairage). De nombreux travaux ont montré que le potentiel photosynthétique n'est pas constant au cours du cycle végétatif ; ses variations ont pu être reliées :

- au vieillissement de la feuille (Sestak et Catsky, 1967),
- aux conditions d'éclaircissement subies antérieurement par celle-ci (Bourdu et Prioul, 1974 ; Pearce *et al.*, 1969 ; ...).

Pour montrer l'influence respective de ces deux facteurs, les auteurs ont étudié : soit l'adaptation de la feuille à différents climats lumineux de croissance (Prioul, 1971 ; Bourdu et Prioul, 1974), soit la reprise d'activité d'une feuille après défoliation des couches supérieures (Schoch, 1974) ou après passage des plantes sous différents éclaircissements en conditions artificielles (Pearce et Lee, 1969 ; Woledge, 1971).

* Adresse actuelle : Station de bioclimatologie, C.N.R.A., Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.

Les résultats de ces travaux sont essentiellement qualitatifs et peuvent être critiqués sur les points suivants :

- les conditions de croissance sont souvent artificielles et les éclaircissements obtenus généralement très faibles par rapport aux rayonnements naturels ;
- certains traitements (défoliation) sont susceptibles de perturber l'activité physiologique de la plante ;
- l'énergie effectivement reçue par la feuille n'est jamais prise en compte, seul l'éclaircissement incident sur le couvert végétal est parfois mesuré.

Nous avons donc cherché à quantifier l'influence de la lumière et de l'âge sur la photosynthèse de feuilles cotylédonaire de *Vigna sinensis*. Pour cela, nous avons suivi l'évolution, au cours du cycle végétatif, du pouvoir photosynthétique et de l'énergie reçue par ces feuilles, en conditions naturelles ; des variations d'éclaircissement étaient obtenues par :

- les densités de semis différentes,
- la mise en place d'un ombrage en début de culture,
- l'éclaircissage d'une forte densité en fin de cycle.

Afin de pouvoir expliquer les variations du potentiel photosynthétique, nous avons mesuré, sur ces mêmes feuilles, certaines caractéristiques foliaires :

- propriétés optiques,
- teneur en chlorophylle,
- masse surfacique,
- épaisseur,
- densité et indice stomatiques.

2. — Méthodes et techniques

La variété de *Vigna sinensis* étudiée, V53, est semée selon deux densités : 4 et 100 plantes par mètre carré. Une ombrière est placée pendant 12 jours, sur la moitié de chaque parcelle (125 mètres carrés), immédiatement après le déplissement des feuilles cotylédonaire ; le rayonnement incident est alors réduit d'environ 50 p. 100, sa composition spectrale n'étant pas modifiée. Vers la fin du cycle végétatif, une partie de chacun des traitements de la forte densité (ombrée-non ombrée) est éclaircie pour obtenir le même nombre de plantes que celui de la faible densité.

L'éclaircissement (en watt. m⁻²) au niveau des feuilles cotylédonaire G est mesuré par des pyranomètres linéaires (Combes *et al.*, 1970). Le rayonnement solaire global (G₀) reçu par la culture est obtenu à partir d'un pyranomètre de Moll (Kipp et Zonen). Les intégrations journalières de G et de G₀ sont effectuées pour calculer la part d'énergie incidente transmise aux feuilles : G/G₀. La valeur moyenne de l'éclaircissement journalier G pendant une décade est notée : Σ G.

Le potentiel photosynthétique est caractérisé par la relation entre l'assimilation nette de l'unité de surface de feuille (Pn) et l'éclaircissement. La mesure est faite en chambre d'assimilation sur des feuilles prélevées (sous l'eau) sur des plantes prises au champ tôt le matin, alimentées en eau par leur pétiole (Bonhomme *et al.*, 1974) et maintenues horizontales. La chambre d'assimilation utilisée pour mesurer Pn est analogue à celle de Chartier *et al.* (1971). Les feuilles (de surface S) sont placées dans une enceinte

ventilée (c
28 °C ; l'h
climat trop
de façon à
l'entrée et
Quatre la
feuille des
einsteins r
mule :

Un d
Thomas (
feuilles de
d'absorpti
(1941). L'
sur des c
est calculé
24 heures
empreinte
densité (n
(nombre c

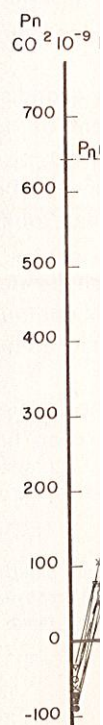


FIG. 1. — de

ventilée (approximativement 1 m.s^{-1}) et maintenue à une température moyenne de 28°C ; l'hygrométrie n'est pas contrôlée mais reste toujours élevée (air extérieur, climat tropical). Un débit d'air connu Q (environ 200 l.h^{-1}) circule dans la chambre de façon à maintenir la différence de concentration du gaz carbonique (ΔCO_2) entre l'entrée et la sortie (mesurée par analyseur infrarouge COSMA) inférieure à 50 vpm . Quatre lampes (Quartz-iode OSRAM $1\ 000 \text{ W}$) permettent d'obtenir au niveau de la feuille des éclairagements pouvant atteindre $1\ 000 \text{ watts.m}^{-2}$ (soit environ $2\ 000 \text{ micro-einsteins m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). L'assimilation nette ($\text{kg de CO}_2 \text{ m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) est obtenue par la formule :

$$P_n = (\Delta \text{CO}_2) \cdot Q/S.$$

Un dispositif à miroir hémisphérique réalisé d'après le modèle de Sinclair et Thomas (1970) permet de mesurer les facteurs de réflexion et de transmission des feuilles dans la gamme des longueurs d'onde visibles ; on en déduit ainsi leur facteur d'absorption. La teneur en chlorophylle est estimée par la méthode de MacKinney (1941). L'épaisseur des feuilles est mesurée au microscope (oculaire micrométrique) sur des coupes fraîches (microtome Labline). La masse surfacique des échantillons est calculée à partir du poids de matière sèche (après mise à l'étuve à 80°C pendant 24 heures) et de la surface (obtenue au planimètre électronique Metraplan). Des empreintes au collodion de la face supérieure (Schoch, 1972) permettent d'évaluer la densité (nombre de stomates par millimètre carré) et l'indice (nombre de stomates)/(nombre de stomates + nombre de cellules) stomatiques.

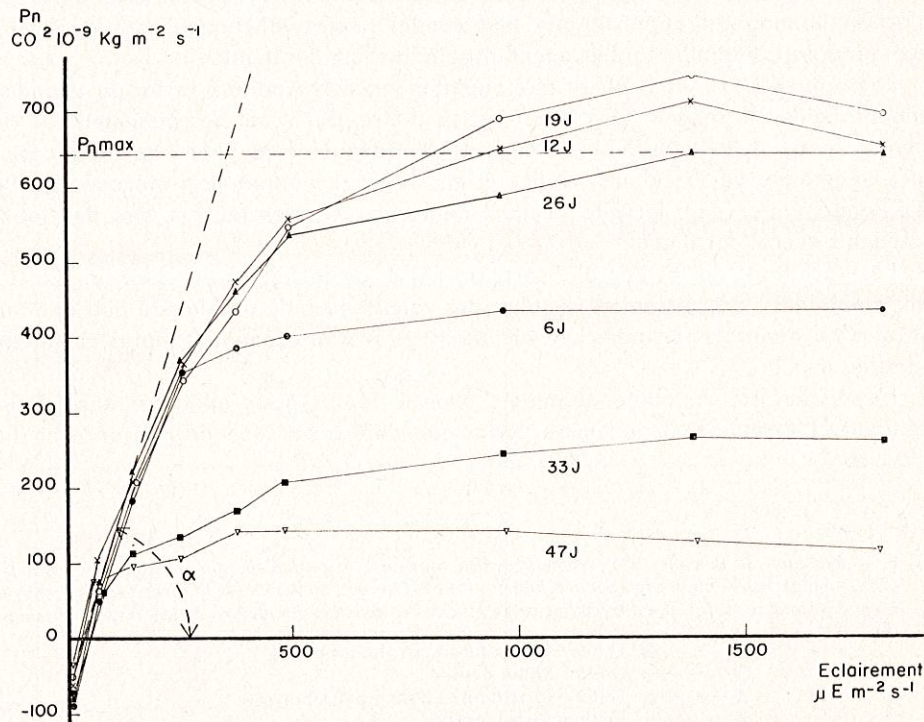


FIG. 1. — Potentiel photosynthétique (P_n) en fonction de l'éclairement (micro-einsteins $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) pour des feuilles cotylédonaire de *Vigna Sinensis* de différents âges (en jours après le semis).

Chaque point expérimental (assimilation nette à un éclaircissement donné) est obtenu par la mesure simultanée des échanges de CO_2 sur 6 à 8 folioles. On peut estimer que la précision sur P_n est de l'ordre de $50 \cdot 10^{-9} \text{ kg CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. — Résultats

La figure 1 donne, pour une expérience préliminaire, un exemple d'évolution du potentiel photosynthétique des feuilles cotylédonaires, au cours du temps (nombre de jours après le semis). Les courbes représentatives peuvent être caractérisées par deux paramètres (Chartier, 1966) :

- la pente à l'origine α ,
- l'assimilation nette maximale : $P_n \text{ max}$.

Les variations de α étant faibles, nous n'avons étudié dans ce qui suit, que celles de $P_n \text{ max}$ (déterminé pour 3 éclaircissements forts).

La figure 2 montre l'évolution de $P_n \text{ max}$, de la part de l'énergie incidente transmise aux feuilles dans la végétation (G/G_0), et des autres caractéristiques foliaires, en fonction du temps pour les différents traitements.

3.1. — Evolution des paramètres étudiés pour les feuilles cotylédonaires de la parcelle témoin à faible densité

Bien qu'une partie importante des variations de $P_n \text{ max}$ doit être attribuée à l'échantillonnage, il apparaît que le potentiel photosynthétique passe par deux maximums puis diminue régulièrement jusqu'à la chute des feuilles.

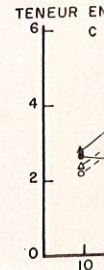
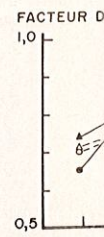
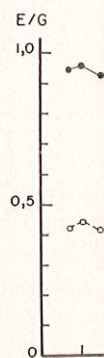
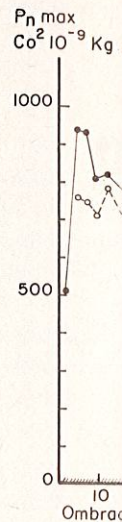
Le premier maximum, atteint très rapidement, correspond à la fin du grandissement foliaire ; le second, plus tardif, est peut-être dû à un accroissement de la demande photosynthétique du reste de la plante (début de la phase de forte croissance végétative de la culture, Koller *et al.*, 1970). La diminution marquée de $P_n \text{ max}$ semble intervenir lorsque l'éclaircissement reçu par les feuilles lors des jours précédents décroît fortement.

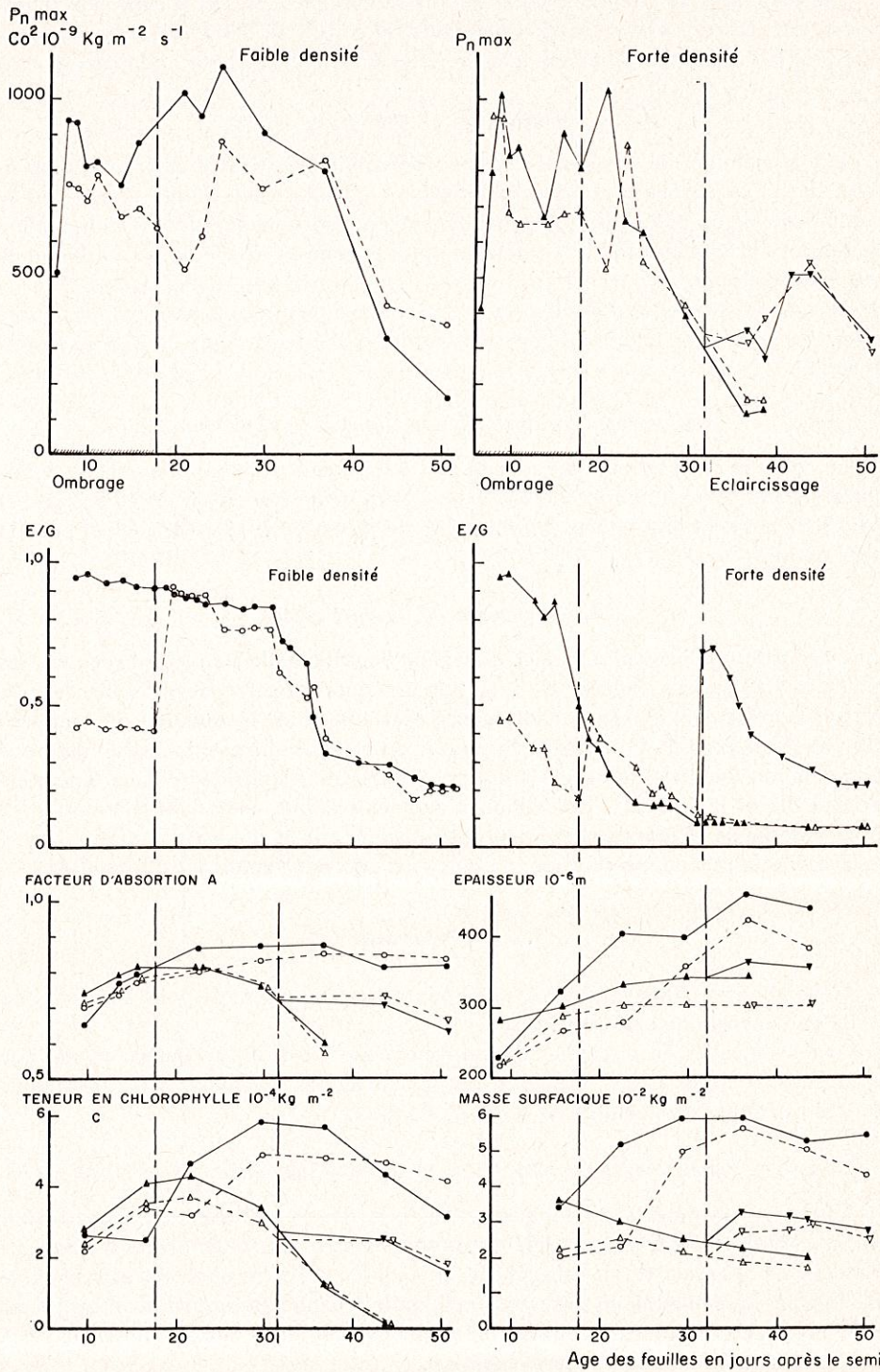
Les variations du facteur d'absorption (A) et de la teneur en chlorophylle (C) sont semblables : accroissement régulier des valeurs jusqu'à un plateau puis diminution plus ou moins importante. Les variations de A sont cependant moins marquées que celles de C .

L'épaisseur de la feuille augmente avec le temps pour atteindre une valeur maximale. L'évolution de la masse surfacique diffère par une décroissance en fin de cycle.

FIG. 2. — Evolution du potentiel photosynthétique ($P_n \text{ max}$), de la part d'énergie transmise aux feuilles (G/G_0), du facteur d'absorption pour la lumière visible (A), de l'épaisseur, de la teneur en chlorophylle (C) et de la masse surfacique des feuilles cotylédonaires en fonction du nombre de jours après le semis :

- Témoin faible densité (4 plantes par m^2).
- Ombré faible densité.
- ▲—▲ Témoin forte densité (100 plantes par m^2).
- △—△ Ombré forte densité.
- ▼—▼ Témoin forte densité après éclaircissage.
- ▽—▽ Ombré forte densité après éclaircissage.





IS
né) est obtenu
peut estimer

l'évolution du
mps (nombre
ctérisées par

uit, que celles

cidente trans-
ques foliaires,

aires

être attribuée
se par deux

du grandis-
ement de la
e forte crois-
urquée de P_n
ors des jours

rophylle (C)
puis diminu-
ins marquées

e une valeur
issance en fin

→
mise aux feuilles
r en chlorophylle
s après le semis :

Les variations de l'indice et de la densité stomatiques (S_i , S_d) ne sont pas représentées, car, conformément aux résultats de Schoch (1972), leurs valeurs sont constantes dès la fin du grandissement foliaire ($S_i \neq 0,22$; $S_d \neq 60$ par millimètre carré).

3.2. — Influence de la densité du semis

L'augmentation de la densité du semis ne conduit pas à des différences importantes sur l'allure générale des caractéristiques étudiées ; elle influe surtout sur le niveau des valeurs obtenues (épaisseur, teneur en chlorophylle, facteur d'absorption et masse surfacique plus faibles) et par une plus grande précocité dans l'évolution de ces caractéristiques.

Ces modifications sont analogues à celles provoquées par ombrage ; la densité de semis semble donc intervenir essentiellement sur l'énergie reçue au cours du cycle végétatif.

3.3. — Influence de l'ombrage en début de végétation

La réduction importante (50 p. cent) de l'éclairement pendant une période assez courte (12 jours) au début de culture a un effet marqué sur la masse surfacique et l'épaisseur qui sont plus faibles. La réduction de P_n est aussi sensible surtout pour la faible densité.

3.4. — Influence de l'éclaircissage

L'éclaircissage provoque un accroissement brusque de l'éclairement reçu par les feuilles cotylédonaire. Placées en conditions voisines de celles de la faible densité, ces feuilles présentent alors une nette reprise d'activité qui se traduit par une augmentation de P_n max et de la masse surfacique. Le potentiel photosynthétique passe par un maximum, une dizaine de jours après l'éclaircissage, puis décroît. La teneur en chlorophylle et le facteur d'absorption n'augmentent pas, mais leur diminution se trouve différée de 15 jours environ ; un même retard sur la chute des feuilles est aussi observé. L'éclaircissage, à ce stade, n'a pas eu d'effet sur l'épaisseur des feuilles.

4. — Discussion

L'évolution du potentiel photosynthétique de la feuille semble donc être très liée à celle de l'énergie qu'elle a reçue.

Avant d'essayer de quantifier l'importance respective de la lumière et de l'âge sur la photosynthèse, il faut s'assurer que les variations des autres caractéristiques foliaires ne sont pas à l'origine de celles de P_n max.

4.1. — Relation entre P_n max et les paramètres stomatiques de la feuille

L'indice et la densité stomatiques étant fixés dès le déplissement de la feuille (Schoch, 1974), il n'y a pas de différences significatives entre les divers traitements (l'ombrage a été placé après cette phase, cf. § 2). De plus, ces paramètres sont constants lorsque la feuille atteint sa surface maximale (ce qui correspond aussi au 1^{er} pic de P_n max). Les variations de photosynthèse ne peuvent donc pas être mises en relation avec ces caractéristiques morphologiques.

Le t
la feuille
variation
nos poin

Cer
surfaciq
mesurer
relation
coefficie
valeurs
($r = 0,7$

La
tique d'
rents. H

FIG. 3. —

4.2. — Relation entre P_n max et l'épaisseur des feuilles

Le traitement (l'ombrage en début de cycle) qui a le plus d'effet sur l'épaisseur de la feuille est celui qui affecte le moins P_n max : il y a donc une relation lâche entre les variations de ces deux caractéristiques ; le coefficient de corrélation, sur l'ensemble de nos points expérimentaux est de $-0,22$.

4.3. — Relation entre P_n max et la masse surfacique

Certains auteurs ont essayé de relier le potentiel photosynthétique et la masse surfacique afin de chercher un critère de sélection sur la photosynthèse, plus simple à mesurer que P_n max ; sur la luzerne, Pearce *et al.* (1969) ont obtenu une assez bonne relation. Avec le *Vigna Sinensis*, nous avons trouvé sur l'ensemble des résultats, un coefficient de corrélation très faible ($r = 0,25$) ; mais si l'on ne considère que les valeurs correspondant à des feuilles de moins de 20 jours, la relation est satisfaisante ($r = 0,70$).

La masse surfacique peut donc être un critère précoce de l'activité photosynthétique d'une feuille, mais son emploi semble impossible sur des feuilles d'âges différents. Hodanova (1975) a obtenu des résultats analogues sur betterave.

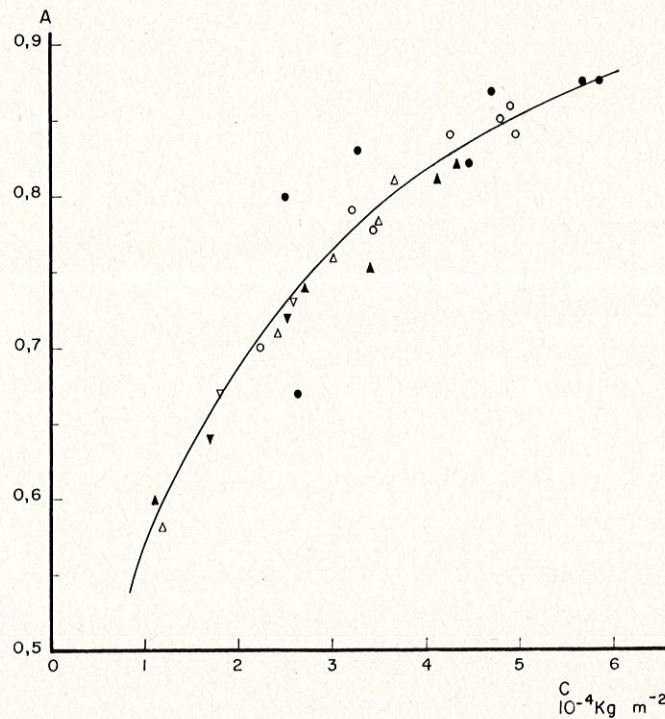


FIG. 3. — Facteur d'absorption pour la lumière visible (A) en fonction de la teneur en chlorophylle des feuilles (C) ; mêmes symboles que la figure 2.

4.4. — Relation entre Pn max et la teneur en chlorophylle

Le coefficient d'absorption de la lumière visible (A) et la teneur en chlorophylle (C) sont évidemment liés l'un à l'autre. La figure 3 confirme l'équation de type exponentiel : $A = 1 - e^{-KC}$, nous ne discuterons donc que de la relation entre C et Pn max.

Bien que les évolutions de la teneur en chlorophylle et du potentiel photosynthétique en fonction du temps soient semblables, la relation entre Pn max et C n'est significative que pour des feuilles de plus de 20 jours ($r = 0,75$). Les variations de ces deux paramètres ne sont pas forcément liées par une relation de cause à effet, mais peuvent être dues aux mêmes facteurs : l'âge et l'éclaircissement.

4.5. — Relation entre Pn max, l'éclaircissement reçu antérieurement par les feuilles et leur âge

La chute du potentiel photosynthétique des feuilles de la faible densité a lieu à des éclaircissements G plus élevés que pour celles de la forte densité (fig. 2). Cependant, ces feuilles n'ont pas le même âge; aussi, pour dissocier ces deux effets, avons-nous cherché des relations du type :

$$Pn \text{ max} = a \Sigma G - b (\text{âge}) + \text{constante}$$

qui tiennent compte de l'éclaircissement moyen reçu pendant la décade précédente ΣG et de l'âge (en jours après le semis). Un intervalle de 10 jours a été choisi pour ΣG

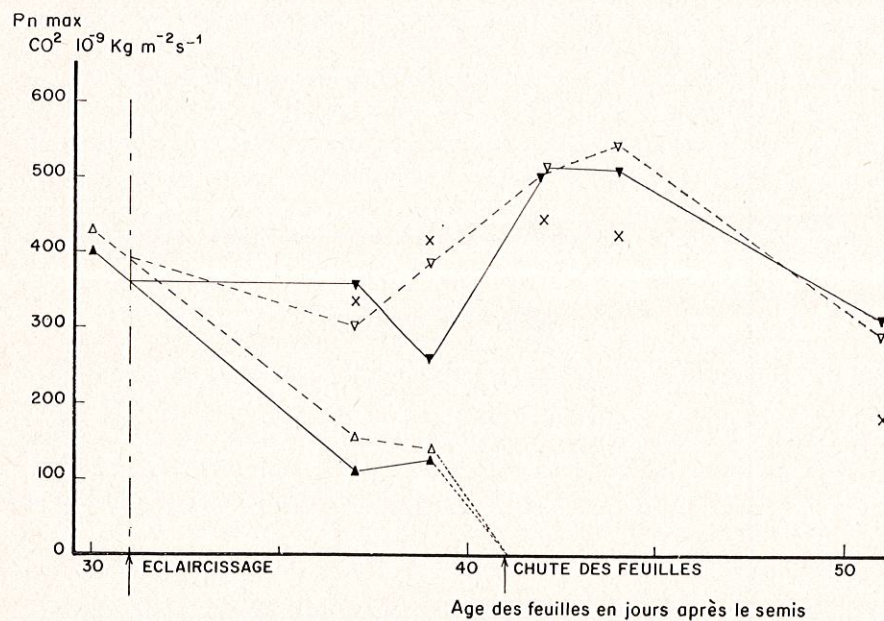


FIG. 4. — Potentiel photosynthétique, mesuré et calculé, en fonction de l'âge des feuilles :

- ▲—▲ Témoin forte densité.
- △---△ Ombre forte densité.
- ▼---▼ Témoin forte densité après éclaircissement.
- ▽---▽ Ombre forte densité après éclaircissement.
- xxxxxx Valeurs calculées.

car il semble correspondre au « temps de réponse » de la feuille à une brusque variation de son éclaircissement (effet de l'éclaircissage, cf. § 3.4) et il permet d'obtenir les meilleurs ajustements statistiques.

Sur l'ensemble des points expérimentaux, à l'exception de ceux obtenus après éclaircissage, nous avons obtenu la relation :

$$P_n \text{ max} = 34 \Sigma G - 2,1 (\text{jours}) + 350 \quad (r = 0,84)$$

$$\Sigma G \text{ en } 10^6 \text{ J. m}^{-2} (\text{jour})^{-1}, P_n \text{ max en } 10^{-9} \text{ kg CO}_2 \text{ s}^{-1}.$$

La relation appliquée après éclaircissage conduit à un accord satisfaisant avec les valeurs de $P_n \text{ max}$ mesurées (fig. 4).

Les coefficients trouvés dans la relation précédente dépendent évidemment des points expérimentaux qui ont servi à l'établir. Cet ajustement n'a donc pas un caractère général mais il montre que l'éclaircissement passé et l'âge influent simultanément sur le potentiel photosynthétique des feuilles.

5. — Conclusion

Cette étude réalisée en conditions naturelles montre que :

— les modifications d'éclaircissement de la feuille entraînent des variations de photosynthèse ($P_n \text{ max}$) qui ne sont pas dues à celles des caractéristiques morphologiques observées simultanément, mais sans doute à des modifications cellulaires et biochimiques importantes (Crookston *et al.*, 1975) ; cependant, $P_n \text{ max}$ varie comme la masse surfacique pour des feuilles de moins de 20 jours et comme la teneur en chlorophylle pour des feuilles âgées ;

— le potentiel photosynthétique de la feuille est fonction de l'énergie qu'elle reçoit ; la période d'adaptation à un brusque changement d'éclaircissement semble être d'une dizaine de jours ;

— pour un même « éclaircissement de croissance » ΣG , il y a une diminution du potentiel photosynthétique avec l'âge.

Des résultats analogues (effet de la densité du semis) ont été obtenus sur la 5^e feuille.

Reçu pour publication en janvier 1977.

Summary

Use of solar radiation by a crop of Vigna sinensis

IV. — Influence of age and light intensity on the photosynthesis of cotyledonar leaves

The measurement of light intensity reaching on cotyledonar leaves of *Vigna sinensis* is effected in natural conditions within crops of different densities with shade or no shade. The leaf photosynthesis capacity, characterized here by the plateau of the curve in function of irradiation, increases with the light intensity received during the former period (of about 10 days), but decreases with age. The relationship leads to a good simulation of the photosynthesis recovery of old leaves when the light is increased by thinning out of plants.

The foliar characteristics (optical values, chlorophyll content, specific leaf weight, thickness, density of stomata) varie but they are not easy correlated with differences in photosynthesis.

Zusammenfassung

Ausnützung der Sonnenenergie durch eine vigna sinensis Kultur.

IV. — Einfluss des Alters und der vorigen Belichtungen auf das photosynthetische Potential der Keimblätter

Das Messen der einfallenden Strahlungen auf die Keimblätter von *Vigna sinensis* wurde unter natürlichen Bedingungen mit verschiedenen Dichten, mit oder ohne Schatten, vorgeführt. Es scheint dass das photosynthetische Potential der Blätter, das hier durch $P_n \max$ (Stufe der Kurve « Reinphotosynthese-Belichtung) bezeichnet ist, mit der während der vorhergehenden Tage (10 Tagen ungefähr) empfangenen Belichtung wächst, aber andererseits mit dem Alter abnimmt. Die dargestellte Beziehung erlaubt anscheinend eine gute Tätigkeitsaufnahme der alten Blätter, die nach Ausdünnung einem erhöhten Lichtenfall ausgesetzt wurden.

Die Blatteigenschaften (optische Eigenschaften, Gehalt an Chlorophyll, Flächenmasse, Dicke, Dichte und Stomataindex) ändern in sich je nach der Behandlung, aber können nicht die beobachteten Differenzen in der Photosynthese erklären.

РЕЗЮМЕ

Использование солнечной энергии культурой вигны (*Vigna sinensis*). —

IV. Влияние возраста и условий предыдущих освещений на фотосинтетический потенциал семядольных листьев.

Р. БОНОММ, К. ВАРЛЕ-ГРАНШЕ, М. ШАРТЬЕ, П. АРТИС.

Измерение случайных излучений на семядольных листках вигны проведено было в природных условиях, при разных плотностях посева, с затенением, и без него. Оказывается, что фотосинтетический потенциал листьев, в данном случае — $P_n \max$ (ступень кривой чистой фотосинтез — освещение), увеличивается при применении в течении нескольких предыдущих дней (приблизительно 10-ти) усиленного освещения, но находится одновременно в обратно-пропорциональной зависимости от возраста растения. Найденное соотношение позволяет хорошую симуляцию возобновления активности взрослых листьев подвергшихся усилению случайных излучений после прорезывания.

Листовые характеристики (оптические свойства, содержание хлорофилла, поверхностная масса, толщина, плотность и stomатический показатель) изменяются в зависимости от обработок, но не объясняют наблюдавшиеся различия фотосинтеза.

Références bibliographiques

- BONHOMME R., VARLET GRANCHER C., ARTIS P., 1974. Utilisation de l'énergie solaire par une culture de *Vigna sinensis*. II. Assimilation nette et accroissement de matière sèche, influence du phototropisme sur la photosynthèse des premières feuilles. *Ann. agron.*, **25** (1) 49-60.
- BOURDU R., PRIOUL J.-L., 1974. Réponses photosynthétiques de type adaptatif aux climats lumineux de croissance : étude théorique, application et diagnostic précoce. *Physiol. Vég.*, **12** (1), 35-51.
- CHARTIER P., 1966. Etude théorique de la photosynthèse brute de la feuille. *Ann. Physiol. Vég.*, **8**, 167-196.

CHARTIER M., CH
leaves. Ph
COMBRES J.-C., B
mètre liné
des facte
CROOKSTON R.
shading.
HODANOVA D.,
age. Biol.
KOLLER H. R., NY
Crop scier
MACKINNEY G.,
PEARCE R. B., LE
light inter
PEARCE R. B., CA
weight a
PRIOUL J.-L., 197
et variati
364-375.
SCHOCH P. G., 1
nement g
SCHOCH P. G., 1
tions. Ph
SCHOCH P. G., S
producti
SINCLAIR R., TH
Australia
SESTAK Z., CATS
synthétiq
chloropla
VARLET GRANC
de *Vigna*
agron., **2**
WOLEDGE J., 19
thesis of

- CHARTIER M., CHARTIER P., 1971. Design of an air conditioned assimilation chamber for detached leaves. *Photosynthetica* 5 (1), 74-75.
- COMBRES J.-C., BONHOMME R., BALDY C., GOILLOT C., de PARCEVAUX S., 1970. Un pyranomètre linéaire destiné à mesurer le rayonnement sous couvert végétal. In : *Techniques d'étude des facteurs physiques de la biosphère*. I. N. R. A. Paris, 59-70.
- CROOKSTON R. K., TREHARNE K. J., LUDFORD P., OZBUN J. L., 1975. Response of beans to shading. *Crop science*, 15, 412-416.
- HODANOVA D., 1975. Specific leaf weight and photosynthetic rate in sugar beet leaves of different age. *Biol. Plantarum*, 17 (4), 314-317.
- KOLLER H. R., NYQUIST W. E., CHORUSH I. S., 1970. Growth analysis of the soybean Community. *Crop science*, 10 (4), 407-412.
- MACKINNEY G., 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. *Journal biol. Chem.*, 140, 315-322.
- PEARCE R. B., LEE D. R., 1969. Photosynthetic and Morphological adaptation of alfalfa leaves to light intensity at different stages of maturity. *Crop science*, 9, 791-794.
- PEARCE R. B., CARLSON G. E., BARNES D. K., HART R. H., HANSON C. H., 1969. Specific leaf weight and photosynthesis in alfalfa. *Crop science*, 9, 423-426.
- PRIOUL J.-L., 1971. Réactions des feuilles de *Lolium multiflorum* à l'éclairement pendant la croissance et variation des résistances aux échanges gazeux photosynthétiques. *Photosynthetica*, 5 (4), 364-375.
- SCHOCH P. G., 1972. Variation de la densité stomatique de *Capsicum annuum* en fonction du rayonnement global. *C. R. Acad. Sci.*, 274, série D, 2496-2498.
- SCHOCH P. G., 1974. Reprise d'activité des premières feuilles de *Vigna sinensis* à la suite de défoliations. *Physiol. Vég.*, 12 (2), 289-298.
- SCHOCH P. G., SANTOS CANDELARIO L., 1974. Influencia de la sombra sobre el crecimiento y la productividad de las hojas de *Vigna sinensis* L. *Turrialba*, 24 (1), 84-89.
- SINCLAIR R., THOMAS D. A., 1970. Optical properties of leaves of some species in Arid South Australia. *Aust. J. Bot.*, 18, 261-273.
- SESTAK Z., CATSKY J., 1967. Sur les relations entre le contenu en chlorophylle et l'activité photosynthétique pendant la croissance et le vieillissement des feuilles. In : Sironval C., Ed. *Le chloroplaste, croissance et vieillissement*, Masson. 213-262.
- VARLET GRANCHER C., BONHOMME R., 1974. Utilisation de l'énergie solaire par une culture de *Vigna sinensis*. III. Evolution du rendement énergétique pendant la phase végétative. *Ann. agron.*, 25 (6), 811-819.
- WOLEDGE J., 1971. The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Ann. Bot.*, 35, 311-322.