

## BILAN RADIATIF D'UN COUVERT DE COLZA

M. CHARTIER (1) - B. FABRE (2) - G. GOSSE (1) - J.C. RODE (1)

(1) INRA. Bioclimatologie. 78000 VERSAILLES  
(2) ISARA. 31, Place Bellecour. 69002 LYON

Ce travail a été réalisé avec la participation du CETIOM (M. ROLLIER) de l'Université Claude Bernard de Lyon (M. JAY) et de 4 étudiants de l'ISARA (N. CHOMEL, G. BURGAUD, A. LENOEL, O. LORAS).

### I - INTRODUCTION

En permettant l'analyse de la conversion de l'énergie solaire, la détermination du rayonnement intercepté par une culture sur l'ensemble de sa période de végétation est un paramètre dont l'importance n'est plus à démontrer. C'est en effet un maillon indispensable aussi bien pour la modélisation de la production de matière sèche que pour toutes les études de photosynthèse et de transferts d'assimilats au niveau d'une culture.

L'application d'un modèle du rayonnement intercepté déjà testé sur des cultures homogènes (luzerne, graminées fourragères ...) a été effectuée sur une culture de colza. Nous avons noté des divergences par rapport aux mesures aussi bien en phase d'implantation qu'aux stades de floraison et de fructification.

Une explication de ces divergences est présentée ainsi qu'une nouvelle modélisation en fonction de ces différentes périodes.

### II - MATERIEL ET METHODES

L'expérience a été réalisée sur le site de La Minière (49°N, 2°W) près de Versailles - 78000 FRANCE -, principalement sur une culture de colza de printemps, cultivar BRUTOR, avec un écartement de semis de 0,36 m, en 1982.

Pour l'étude du bilan radiatif (schématisé fig. 1), il est commode de définir selon VARLET-GRANCHER (1980) une efficacité du rayonnement absorbé,  $\epsilon_j$ , égale au rapport entre l'énergie interceptée ( $G_A$ ) par l'ensemble du couvert végétal et l'énergie incidente ( $G$ ).

$$\epsilon_j = \frac{G_A}{G} = 1 - r_c - (1 - r_s) t$$

où  $r_c$  = coefficient de réflexion de la culture (albédo)

$r_s$  = coefficient de réflexion du sol (albédo)

$t$  = coefficient de transmission de la culture

Les mesures de rayonnement ont été réalisées au moyen des capteurs suivants :

- pyranomètre Kipp et Zonen pour  $G$  et  $R_c$
- pyranomètres linéaires (type INRA) disposés en série pour  $T$  et  $T_p$
- cellules Lambda modèle LI190C pour  $G_p$ ,  $R_{cp}$

Pour chaque paramètre, seules les valeurs journalières intégrées à partir d'une mesure toutes les 6 secondes ont été utilisées dans la présentation des résultats suivants.

A partir des lois de pénétration de la lumière en milieu diffusant établies par KUBELKA et MUNK (1931), BONHOMME et VARLET-GRANCHER (1977), ont mis au point un modèle de calcul de différents paramètres du rayonnement absorbé par un couvert végétal. Dans un premier temps nous avons utilisé ce modèle pour la culture de colza et nous l'avons comparé à l'ensemble de nos mesures.

Nous avons séparé le cycle de végétation du colza en 4 parties pour lesquelles nous obtenons des variations d'un ou plusieurs termes du bilan radiatif.

### III - RESULTATS

#### 1. Période d'implantation de la culture (levée → dernier stade B)

Sur la figure 2, nous notons tout d'abord les variations de l'albédo. La culture ne recouvrant que très peu le sol, le rayonnement réfléchi est sensiblement celui du sol nu donc très variable selon l'état d'humidité de surface du sol. (Pour La Minière, sol sec  $rc_p = 0,20$ ; sol humide,  $rc_p = 0,10$ ).

De façon plus générale, on peut définir, pour un sol donné, deux courbes enveloppes pour l'albédo pendant toute cette période. Cette influence du sol sur l'albédo devient négligeable pour un indice foliaire (IF ou LAI) de 1,5 environ pour l'écartement de 0,36 m.

Le modèle est en assez bonne concordance avec les deux courbes enveloppes, selon que l'on prend comme valeur initiale l'albédo d'un sol sec ou celui d'un sol humide. Nous ne pouvons pas actuellement introduire simplement le paramètre humidité de surface du sol dans ce modèle.

Sur la figure 3, représentant le coefficient de transmission  $t$  en fonction de l'indice foliaire, nous observons une nette divergence entre le modèle et les mesures, jusqu'à un indice foliaire voisin de 2. Le coefficient de transmission mesuré est nettement plus important que celui calculé. Nous expliquons cet écart par un effet "ligne de semis" accentué par le port en rosette du colza pendant cette période.

Nous avons essayé de modéliser cet effet et commencé à le tester par des mesures sur colza d'hiver. La figure 4 représente en

fonction de l'indice foliaire défini classiquement, le coefficient de correction à introduire dans le modèle pour différents écartements de semis.

Par exemple, pour un indice foliaire mesuré égal à 1,3 le coefficient de correction sera de 0,55 pour un écartement de 0,40 m et de 1 pour un écartement de 0,20 m.

Nous pouvons également expliquer avec ce même modèle, les divergences des mesures d'albédo pour les indices foliaires compris entre 1 et 1,5 où nous avons une bande étroite de végétation séparée par une bande large de sol nu.

L'efficacité d'interception pendant toute cette période dépendra donc beaucoup de la distance entre ligne, de la rapidité d'implantation du système foliaire et du rayonnement incident.

## 2. Stade végétatif ( $C_1$ à $D_2$ )

C'est le seul stade où nous avons une culture homogène comprenant principalement le système foliaire. Nous sommes alors dans les conditions optimales pour l'application du modèle et nous pouvons noter la très bonne correspondance avec les mesures.

Sur la figure 5, nous avons représenté la valeur de  $\epsilon_j$  en fonction de l'indice foliaire IF, d'une part pour différents types de temps (ciel clair, ciel couvert) et d'autre part pour différentes périodes de l'année (influence de la hauteur du soleil).

L'influence du type de temps est très faible alors que celle du n° du jour dans l'année a un effet non négligeable uniquement en période hivernale, donc seulement pour le colza d'hiver.

Il faut souligner sur cette figure la stabilité de cette relation, stabilité déjà rencontrée sur d'autres types de cultures (luzerne, graminées). On pourra ainsi utiliser cette relation indépendamment de la variété et du lieu géographique, au moins pour nos régions.

## 3. Stade floraison ( $E$ à $F_2$ )

L'apparition de fleurs entraîne une augmentation de l'albédo, surtout dans le visible (passage de 0,05 à 0,09) et sans doute plus pour le colza d'hiver où nous avons un indice pétales ( $I_p$  ou FAI) plus important.

De plus, la figure 6 nous montre un effet important du type de temps sur les valeurs de  $A_p$ . Avec un ciel clair, nous pouvons atteindre des valeurs de  $A_p$  de 0,15, ce qui représente une perte d'absorption non négligeable pour la culture.

Le test d'une variété à petits pétales ( B. r. o. ) doit être fait en 1983 pour en déterminer l'influence sur le rayonnement réfléchi.

A partir de ce stade, nous voyons l'apparition au-dessus de la strate végétative comprenant l'ensemble des feuilles qui photosynthétisent, d'une couche de culture comprenant les hampes florales.

Cette strate provoque un ombrage plus ou moins important pour les feuilles.

Pour étudier le bilan de carbone de l'ensemble de la culture, il a donc été nécessaire de mesurer le rayonnement transmis au niveau des premières feuilles supérieures ( $T_H$ ).

Pour modéliser le bilan radiatif, nous avons tout simplement considéré la culture comme 2 tranches de végétation entièrement indépendantes, et utilisé le modèle de base deux fois.

L'efficacité d'interception  $\epsilon_{i1}$  de la strate florale

$$\epsilon_{i1} = 1 - r_c - (1 - r_v) t_H \quad (\text{Fig. 1})$$

où  $r_v$  est considéré égal à l'albédo de la strate végétative, et  $t_H$  est le coefficient de transmission sous les hampes florales.

De même, l'efficacité d'interception  $\epsilon_{i2}$  de la strate végétative est :

$$\epsilon_{i2} = t_H (1 - r_v) - (1 - r_s) t \quad (\text{Fig. 1})$$

Cette séparation est absolument nécessaire pour toutes les études sur la photosynthèse du couvert et sur les transferts d'assimilats.

Nous soulignerons simplement que dès l'apparition des fleurs, le rayonnement transmis au niveau des capteurs photosynthétiques diminue de façon très importante. On passe de 0,98 à 0,45 en 15 jours entre le début et le maximum de floraison.

Le niveau d'indice foliaire au début de la floraison pourra avoir un impact très important sur le bilan de carbone du couvert végétal, donc sur sa production de matière sèche.

#### 4. Stade fructification ( $G_1$ à $G_5$ )

Après la floraison, l'albédo a des valeurs identiques à celle du stade végétatif puis augmente légèrement avec le jaunissement des siliques.

Pour la modélisation de  $\epsilon_j$ , nous sommes dans la même situation que pendant le stade floraison, sauf que les capteurs photosynthétiques de la strate supérieure (les siliques) ont un coefficient de transmission nul. Il a donc fallu modifier légèrement le principe de calcul du bilan radiatif de cette couche ( $\epsilon_{i1}$ ).

De même qu'avec les fleurs, l'importance des siliques va influencer sur le rayonnement transmis au niveau des feuilles.

La figure 7 donne les variations de  $\epsilon_j$  en fonction de l'indice de surface des siliques (PAI) pour la strate supérieure ne comprenant que les siliques et pour la strate inférieure comprenant les feuilles (pour des valeurs d'IF couramment rencontrées).

Là aussi, nous remarquons le faible rayonnement qui arrive au niveau des feuilles dès l'installation des siliques (INANAGA et KUMURA, 1974).

Ici, le bilan de carbone de la culture dépendra beaucoup de la simultanéité ou non du maximum d'IF photosynthétique avec le maximum de PAI.

Les termes  $\epsilon_{i1}$  et  $\epsilon_{i2}$  vont avoir ici tout leur intérêt dans les études de photosynthèse des 2 couches et surtout dans les possibilités de transferts d'assimilats des feuilles vers les siliques.

#### IV - CONCLUSION

Le bilan radiatif d'une culture de colza, pour la période végétative, confirme bien les résultats d'expériences précédentes sur d'autres cultures concernant les relations  $\epsilon_i = f(\text{IF})$  et matière sèche produite en fonction de la quantité d'énergie absorbée (GOSSE G., *et al.*, 1983).

Cette stabilité du terme  $\epsilon_i$  en fonction des conditions climatiques trouve tout son intérêt dans un modèle prédictif pour des zones de cultures très larges.

La structure particulière du colza nous a permis de mettre en évidence l'importance non négligeable de toute la phase de mise en place du système foliaire et surtout de quantifier l'effet de l'ombrage des fleurs et des siliques sur les feuilles.

Associée aux études de photosynthèse et de transferts d'assimilats, l'utilisation de ce nouveau modèle pour deux couches de végétation de caractéristiques différentes permet :

- de calculer le bilan de carbone pour chaque tranche
- de déterminer l'incidence de la strate florale sur l'activité assimilatrice des feuilles et sur leur durée de vie.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BONHOMME R., VARLET-GRANCHER C., 1977b. Ann. Agron., 28 (6), 567-582
- BURGAUD G., LENOEL A., 1982. Mémoire de fin d'études - ISARA -
- GOSSE *et al.*, 1983. 6ème Congrès International sur le Colza. Paris. 17-19 Mai
- INANAGA S., KUMURA A., 1974. Proceed. Crop Sci. Soc. Jap. 43, 261-266
- KUBELKA P., MUNK F., 1931. Z. Techn. Physik., 12, 593-601
- VARLET-GRANCHER C., 1982. Thèse doc. ès-sci. nat., Univ. Paris-Sud. Orsay - n° 2593

Fig. 1 : Schema du bilan radiatif d'un couvert de colza

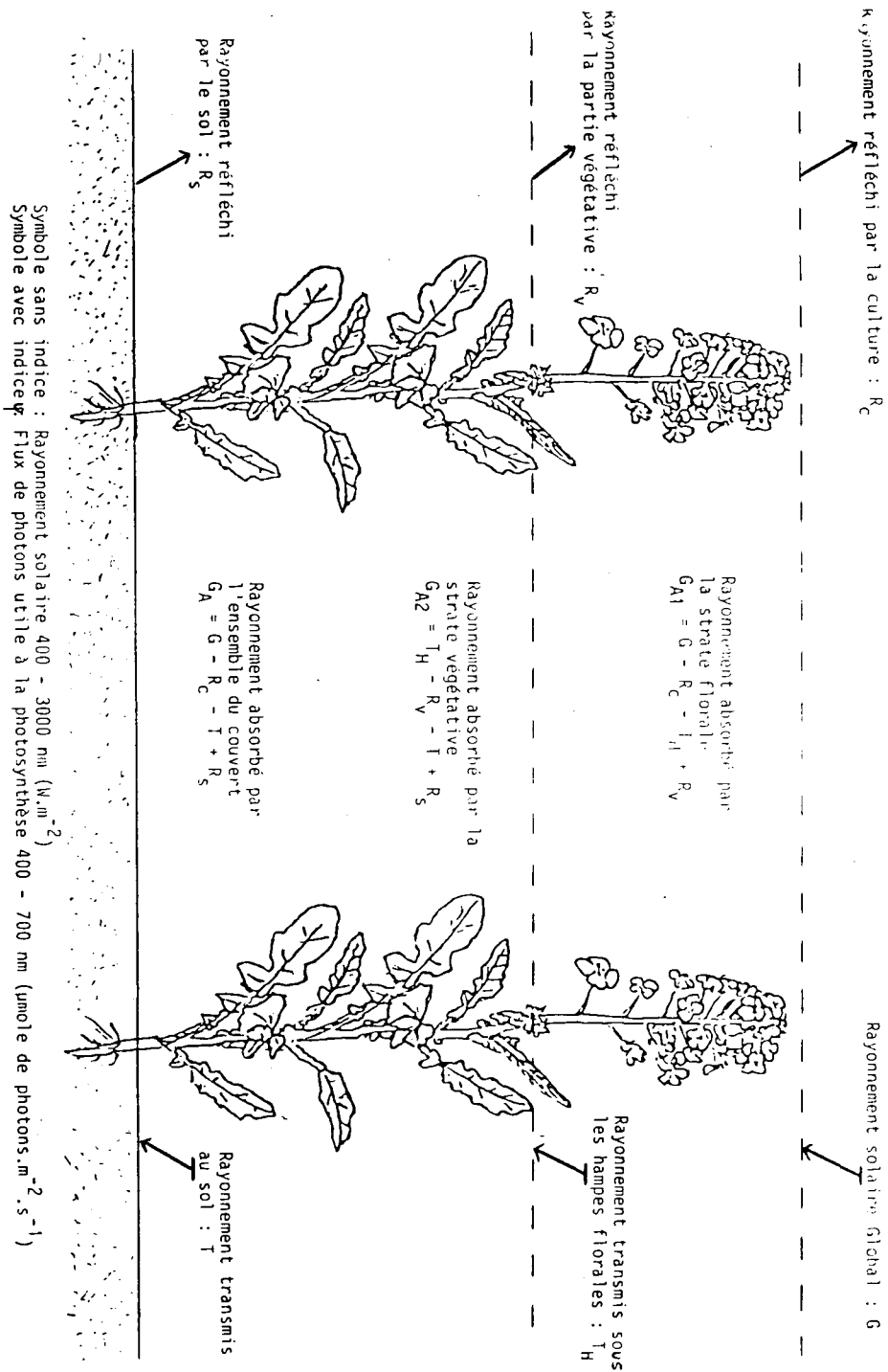
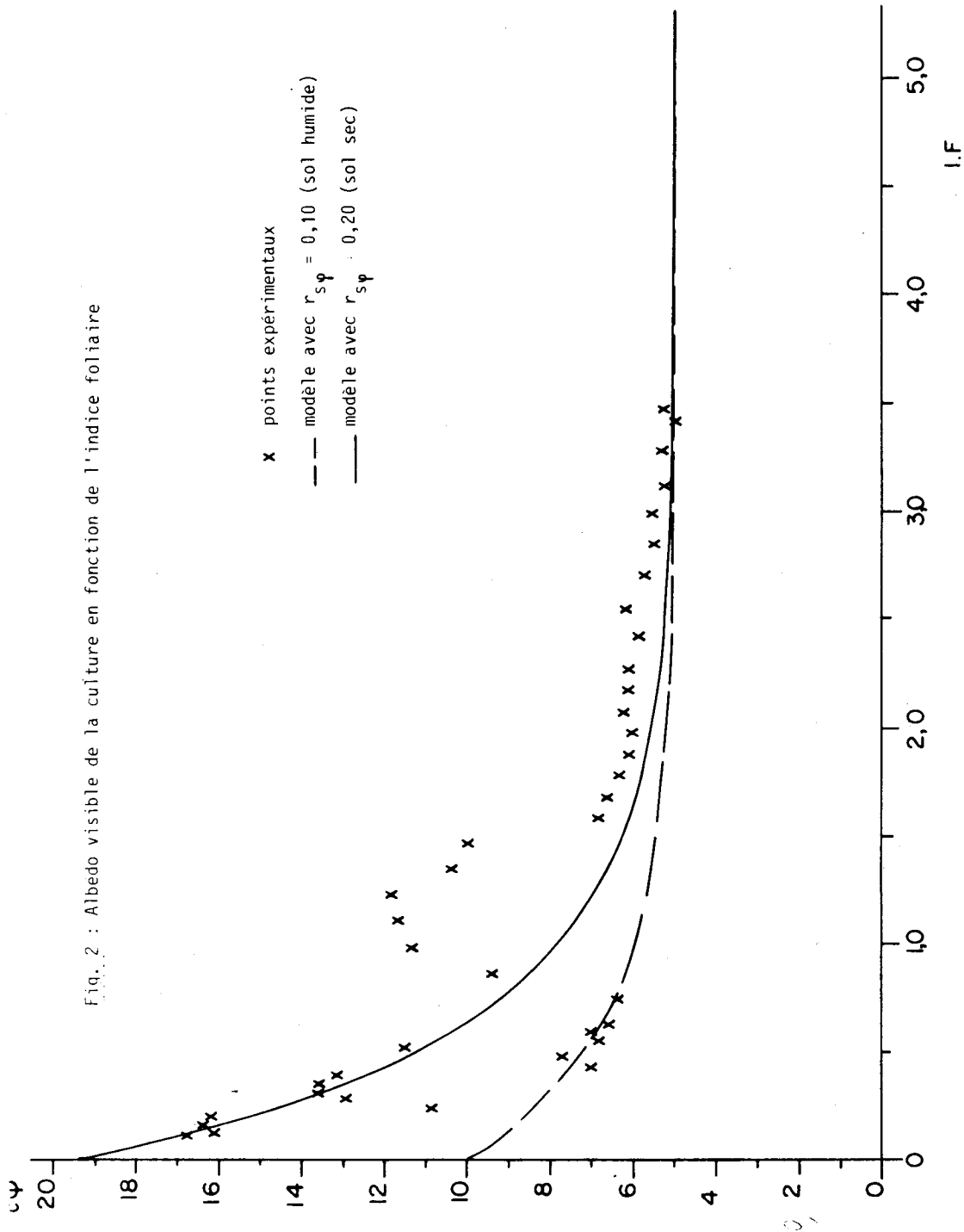


Fig. 2 : Albedo visible de la culture en fonction de l'indice foliaire



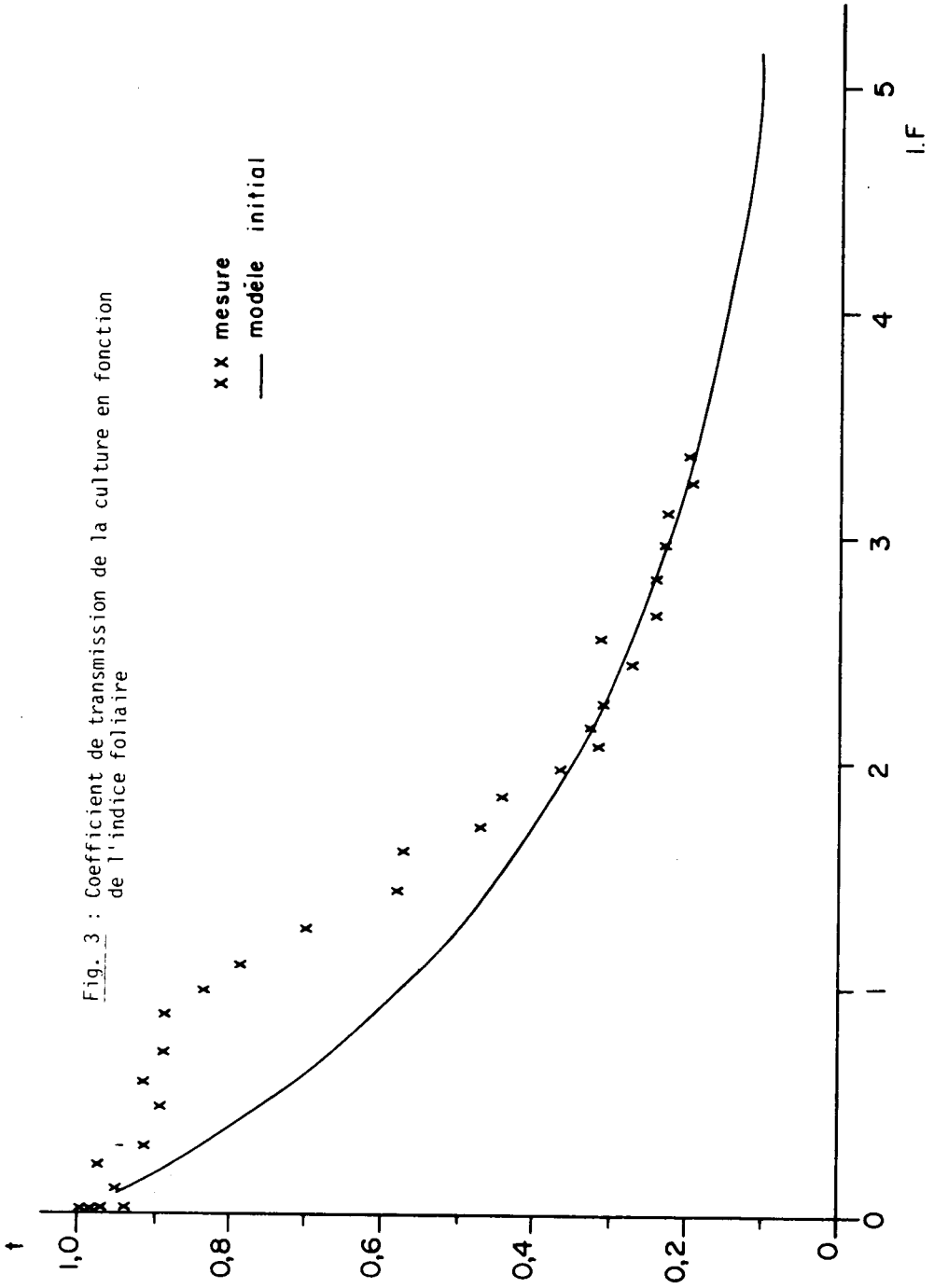


Fig. 3 : Coefficient de transmission de la culture en fonction de l'indice foliaire

x x mesure  
 — modèle initial



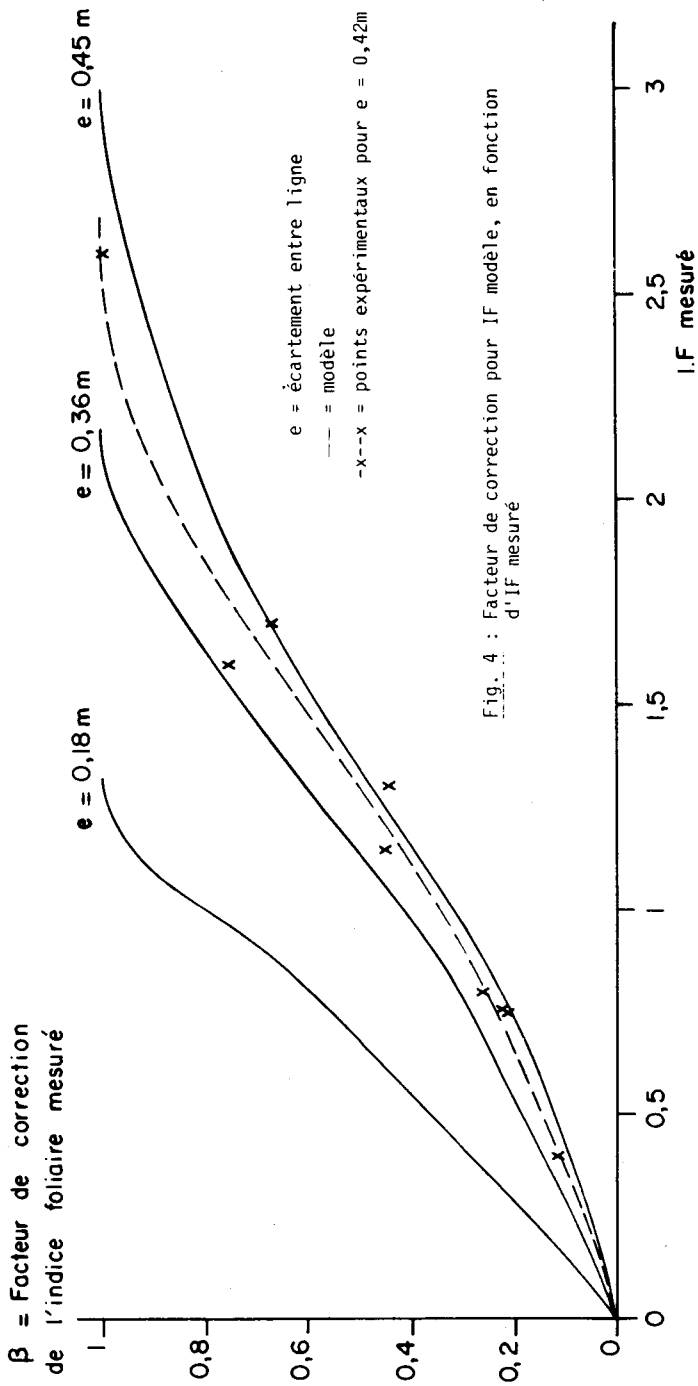
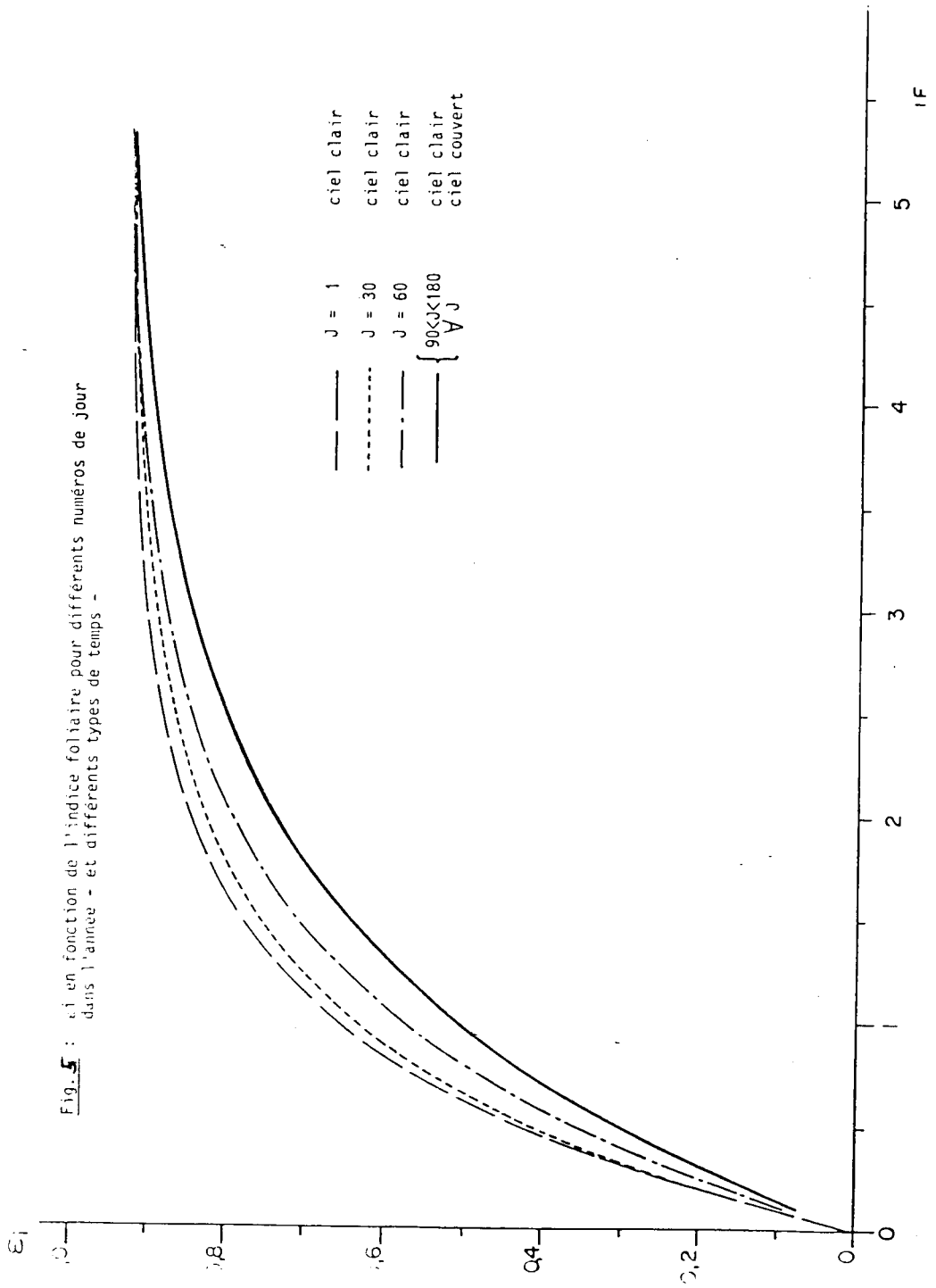


Fig. 4 : Facteur de correction pour IF modèle, en fonction d'IF mesuré

Fig. 5:  $\epsilon_i$  en fonction de l'indice foliaire pour différents numéros de jour dans l'année - et différents types de temps -



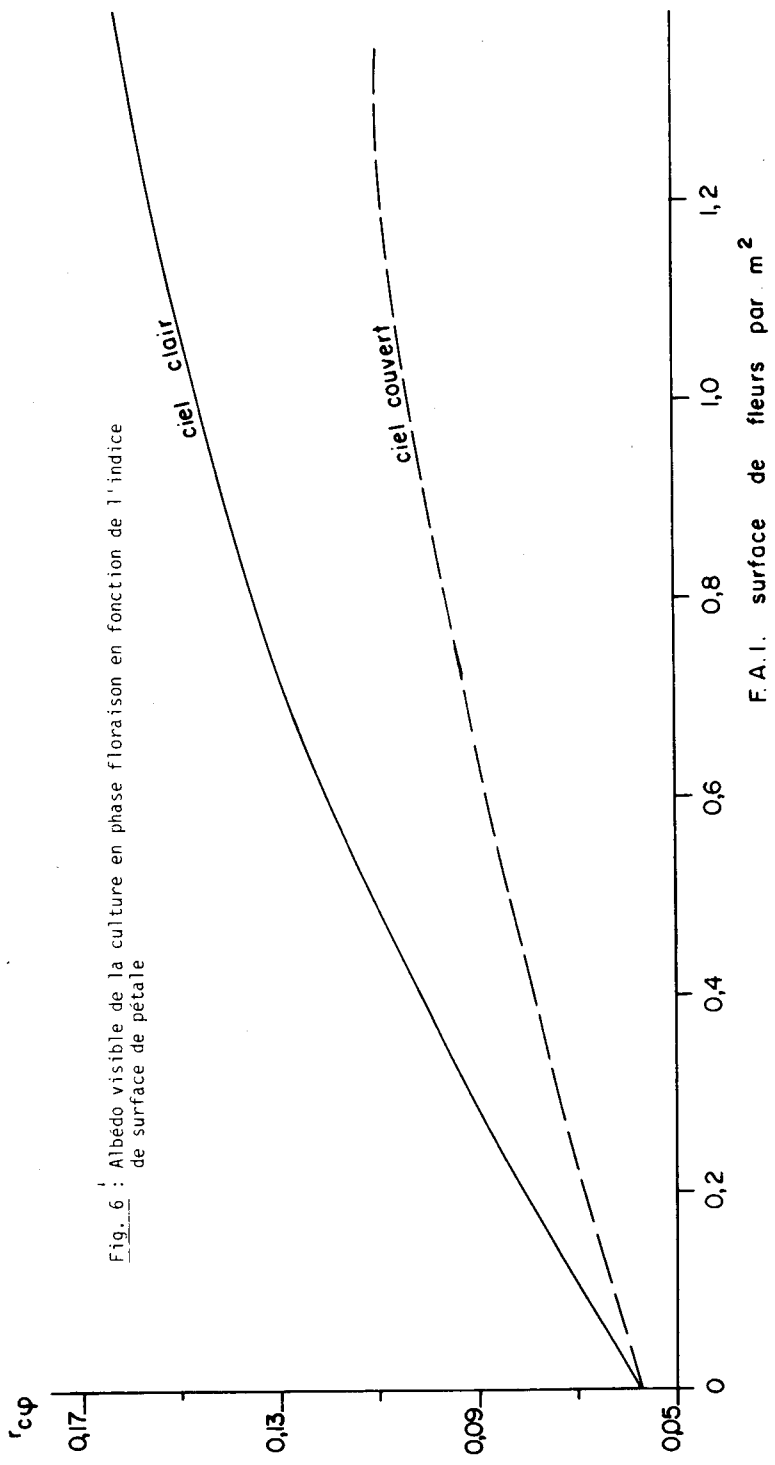


Fig. 6 : Albedo visible de la culture en phase floraison en fonction de l'indice de surface de pétale

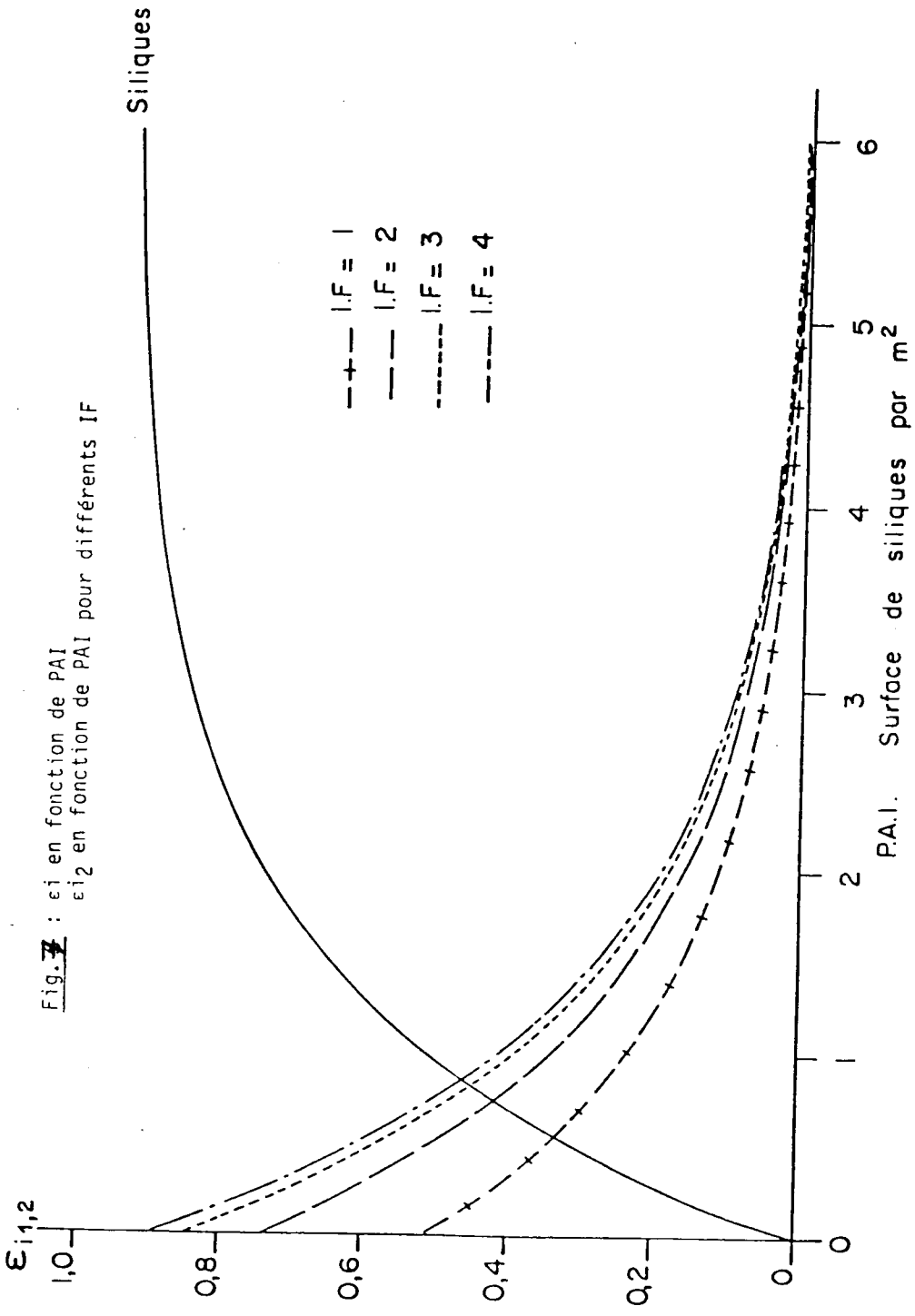


Fig. 7 :  $\epsilon_i$  en fonction de PAI  
 $\epsilon_{i2}$  en fonction de PAI pour différents IF