

G. GOSSE (1), M. ROLLIER (2), J.C. RODE (1), M. CHARTIER (1)

ont également participé à ce travail l'Université Claude-Bernard Lyon I (M. JAY), l'ISARA (3) (B. FABRE) et quatre étudiants de cette école (N. CHOMEL, G. BURGAUD, A. LENOEL et O. LORAS)

L'essai de modélisation présenté devrait permettre une meilleure connaissance des processus élémentaires de la croissance, mais surtout une meilleure compréhension de leurs interactions et de leur importance relative au cours du cycle de végétation du colza. Après une présentation générale de la démarche et des éléments la justifiant, nous envisagerons les limites de cette approche, les études complémentaires nécessaires et les applications possibles. L'ensemble de l'expérimentation a été réalisée en absence de stress hydrique et d'attaques parasitaires.

#### I - DEMARCHE GENERALE

Les travaux de MONTEITH (1972) puis plus récemment de VARLET-GRANCHER (1982), ont montré l'intérêt du rayonnement intercepté par la culture pour expliquer la production de matière sèche de cette culture. Aussi, nous avons retenu cette approche, soit :

$$MS = f(\Sigma Ri) \quad (1)$$

Pour que cette relation puisse être utilisable dans des modèles prédictifs, il est nécessaire que l'une des conditions suivantes soit vérifiée :

- stabilité de la relation, cette condition représentant le cas idéal ;

- en cas de variations, il faut que celles-ci puissent être expliquées facilement par des facteurs liés à l'itinéraire technique de la culture ou aux conditions pédoclimatiques.

Dans le cas d'une culture de colza de printemps, cette relation est celle représentée sur la figure 1. Cette relation peut se décomposer en deux phases :

- une première phase correspondant à la période levée-floraison, caractérisée par une pente  $\alpha_1$  et une "durée"  $\Sigma Ri$  1. Au cours de cette phase, le rayonnement intercepté sera une fonction des caractéristiques de la strate végétative ;

- une seconde phase, correspondant à la période fin floraison - début maturation, caractérisée par une pente  $\alpha_2$  plus faible que  $\alpha_1$  et une "durée"  $\Sigma Ri_2$ . Au cours de cette phase, le rayonnement intercepté sera fonction de la strate végétative et surtout de la strate fructifère.

## II - ANALYSE DE LA PHASE VEGETATIVE

Cette analyse porte d'une part sur la pente  $\alpha_1$  ou efficacité de conversion par la culture et d'autre part sur la "durée"  $\Sigma Ri_1$ . Cette durée ou longueur du segment sur l'axe des X est une quantité d'énergie fixée par la culture pendant une période de temps  $\Delta t$ .

### a) Propriétés de la pente $\alpha_1$ :

Des expérimentations menées sur diverses cultures (Féтуque, Luzerne, Colza de printemps) et par d'autres auteurs, A. POUZET notamment sur colza d'hiver, montrent la constance de cette pente ; la stabilité de celle-ci dépasserait donc largement le cadre de la variété étudiée ou de l'espèce. Cette remarquable stabilité confère une grande "robustesse" à la relation envisagée (fig. 2), faisant de cette relation un élément idéal pour l'objectif fixé.

Pourquoi cette pente est-elle aussi stable ?

En absence de perte de matière sèche (phase sénescence) ou de transferts importants vers les parties souterraines, la pente  $\alpha_1$  représente l'efficacité de conversion par la culture. Pour une phase de végétation homogène, même type de capteurs photosynthétiques (feuilles ou siliques), les variations de cette efficacité sont dues en grande partie à des variations de la photosynthèse par unité de surface de capteurs. L'analyse de la photosynthèse montre que celle-ci dépend en premier lieu de l'éclairement incident, les autres facteurs comme la température, la teneur en azote, le stress hydrique et l'âge de la feuille sont des facteurs secondaires qui peuvent perturber les courbes  $N = f(E)$  :

- la teneur en azote : de nombreux travaux ont montré que dans les conditions agronomiques, l'azote n'était pas un facteur modifiant la photosynthèse par unité de surface ;

- la température : elle n'affecte pas la pente à l'origine de la courbe  $N = f(E)$  et de plus sur colza de printemps elle présente un effet inférieur à 10 % sur  $N_{max}$  (LENOEL & BURGAUD, 1982) ;

- l'âge de la feuille : l'effet de l'âge de la feuille se traduit dans un premier temps par une décroissance du  $N_{max}$  (cf. fig. 3). Or, les vieilles feuilles se situant dans le bas de la végétation ne fonctionnent donc pas en régime de lumière saturante ; aussi, l'effet de l'âge sera t-il minimisé au niveau de la culture.

Compte-tenu des résultats ci-dessus et de l'amplitude de variation des paramètres tels que la température, la teneur en azote ..., les variations de la pente  $\alpha_1$  seront très faibles ; cette pente traduisant alors un potentiel de croissance caractéristique des espèces étudiées.

b) Analyse de la variable "somme de rayonnement intercepté"

On peut expliciter cette variable de la façon suivante :

$$\Sigma Ri = \Sigma (R * \epsilon_i) \quad (2)$$

avec R rayonnement PAR journalier, on peut admettre avec une précision suffisante que le rayonnement PAR journalier est égal à la moitié du rayonnement global journalier (VARLET-GRANCHER *et al.*, 1980).

$\epsilon_i$  efficience d'interception de la culture : cette efficience d'interception est une fonction de la structure de la végétation, des conditions de nébulosité et de l'indice foliaire. La figure 4 représente, pour un colza de printemps, les variations explicitées ci-dessus. Pour  $J > 90$ , il subsiste une seule courbe en fonction de l'indice foliaire. De plus cette relation est maintenant facilement disponible, compte-tenu des mesures et du modèle existant (CHARTIER *et al.*, 1983, BONHOMME, 1977).

La vitesse de déplacement selon l'abscisse sera donc une fonction d'une part du rayonnement PAR incident et d'autre part de la dynamique d'installation de la surface foliaire. L'étude des processus de la mise en place de la surface foliaire et surtout des processus d'élongation sera une étape ultérieure et indispensable de cette modélisation.

Le point final de cette première phase sera déterminé d'une part par la somme de rayonnement intercepté et d'autre part par les conditions provoquant l'anthèse. La modélisation de ce dernier point nécessitera d'introduire les travaux existants sur les conditions de la mise à fleur.

Cette phase se termine en A1, dont les coordonnées vont fixer un premier potentiel de croissance, ce potentiel déterminant la vitesse à laquelle on va parcourir la deuxième partie de la courbe  $MS = f(\Sigma Ri)$ .

### III - ANALYSE DE LA PHASE "FRUCTIFICATION"

L'analyse de cette phase peut se faire de façon similaire à la précédente, quoique beaucoup plus complexe. En effet :

- la pente  $\alpha_2$  sera le résultat d'une combinaison de la réponse photosynthétique des feuilles et des siliques (cf. RODE *et al.* 1983). La figure 5 représente le rayonnement absorbé par les siliques en  $f(PAI)$ , ce qui rend la pente fortement dépendante de la réponse photosynthétique des siliques. La discussion de la stabilité de cette deuxième pente est similaire à la première. A titre d'illustration, l'effet de la température sur le  $N_{max}$  des siliques est inférieur à 10 %, résultat qui confirme ceux de INANAGA (1979).

La vitesse de déplacement selon l'abscisse au cours de cette phase sera fonction du nombre de siliques et de l'évolution de leur surface. C'est à ce stade que les études des transferts d'assimilats au niveau de la plante entière seront déterminantes pour expliquer cette vitesse. C'est à la transition entre la première et la deuxième phase que les études de densités de peuplement seront les plus intéressantes.

Si la démarche présentée, utilisable dès à présent sur le colza au stade végétatif, devient plus compliquée, pour expliquer la production de matière sèche au cours de la fructification; il est nécessaire de la compléter pour la rendre opérationnelle pour expliquer la production de graine et ceci pour les raisons suivantes :

- la matière sèche graine ne représente qu'une partie de la matière sèche totale ;

- des études de remobilisation d'assimilats sont à faire pour expliquer la contribution des tiges et des feuilles sénescentes à l'élaboration du rendement en graine ;

- cette démarche ne peut être appliquée que lorsqu'il y a définition du rayonnement intercepté, soit lorsqu'il y a présence d'organes photosynthétiques. Dès qu'il y a début de maturation, une démarche type Penning de Vries permettant de chiffrer le coût respiratoire de la transformation glucides en lipides compléterait utilement la présente étude.

### CONCLUSION

Cette analyse est un premier essai d'intégration des différents paramètres culturaux ou pédoclimatiques au cours du cycle de végétation. L'introduction systématique dans des essais agronomiques de la mesure du LAI et du PAI permettrait de tester rapidement la validité de l'approche.

Des études plus fondamentales sont dès à présent indispensables, notamment les études de mise en place de la surface foliaire, en fonction de l'azote, de la température et des conditions hydriques.

Compte-tenu de la généralité de la démarche, cette étude menée sur colza de printemps pourrait être généralisée au colza d'hiver. En effet, les premiers résultats de A. POUZET montrent que pendant l'implantation automnale le colza d'hiver suit la même loi, mais la modélisation de la phase hivernale est plus complexe car le rayonnement intercepté ne suffit pas alors pour expliquer l'évolution de la matière sèche.

### BIBLIOGRAPHIE

- MONTEITH J. 1972. J. Appl. Ecol., 9, 747-766
- VARLET-GRANCHER C. 1982. Thèse d'Etat Université de Paris Sud
- BURGAUD et LENOEL, 1982. Mémoire ISARA
- CHARTIER M., FABRE B., GOSSE G., RODE J.C., 1983. Congrès Colza (Paris)
- RODE J.C., JAY R., CHARTIER M., GOSSE G., 1983. Congrès Colza (Paris)
- POUZET A., 1983. Congrès Colza (Paris)
- BONHOMME R., 1977. Ann. Agro., 28, 2, 567-582
- INANAGA S., 1979. Japan J. Crop. Sci., 48, 263-271

- 
- (1) INRA Station de Bioclimatologie, CNRA Versailles
  - (2) CETIOM Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains
  - (3) ISARA Institut Supérieur d'Agriculture de la région Rhone-Alpes

### Liste des figures

- Fig. 1 : Evolution de la matière sèche aérienne en fonction de la somme du rayonnement intercepté : cas du Colza
- Fig. 2 : Evolution de la matière sèche aérienne en fonction de la  $\Sigma Ri$  : cas du Colza, Fétouque, Luzerne
- Fig. 3 : Evolution du  $N_{max}$  des feuilles de Colza en fonction du rang, de l'âge et de la température
- Fig. 4 : Evolution de l'efficacité d'interception  $\epsilon_i$  en fonction de l'indice foliaire
- Fig. 5 : Evolution du rayonnement intercepté par les deux strates en fonction du PAI

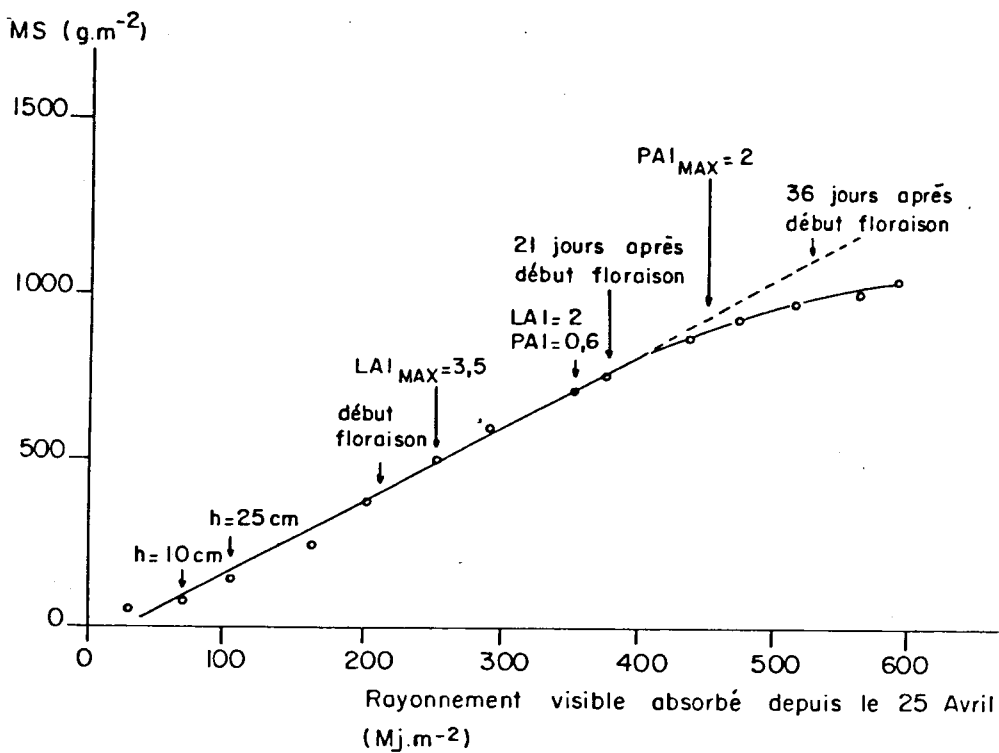
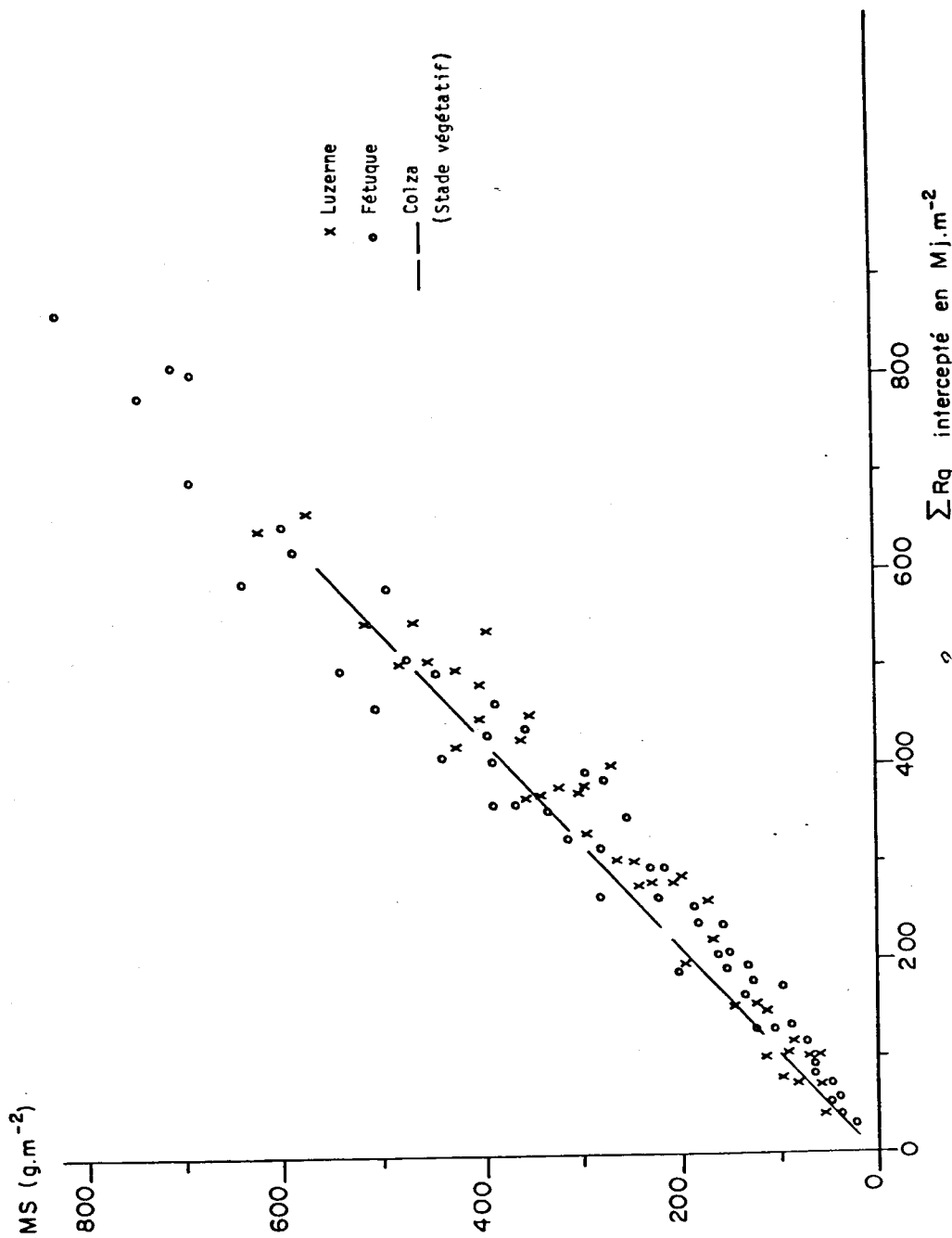
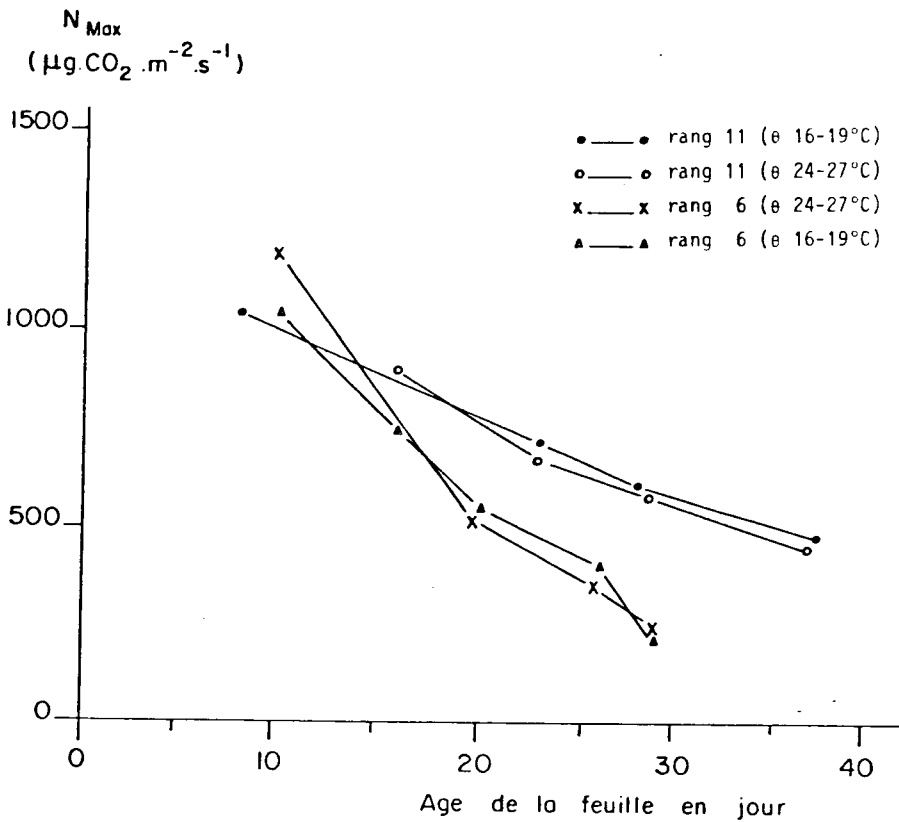


Figure 1 : Formation de matière sèche en fonction du rayonnement intercepté





3



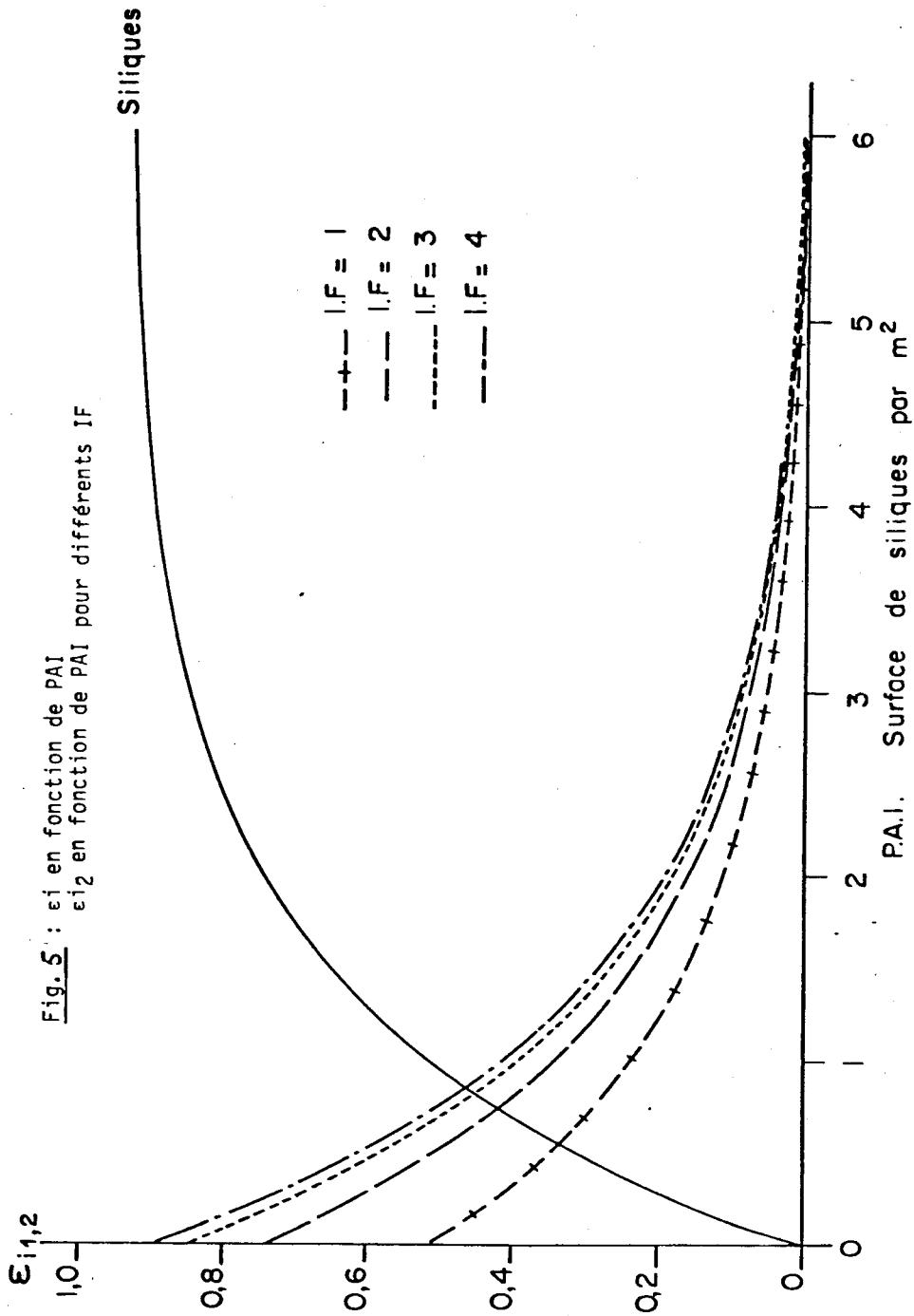


Fig. 4 :  $\epsilon_i$  en fonction de l'indice foliaire pour différents numéros de jour dans l'année - et différents types de temps -

