



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION



INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS
34100 TRIESTE (ITALY) - P.O. B. 586 - MIRAMARE - STRADA COSTIERA 11 - TELEPHONE: 0422/812 3 4 5 9
CABLE: CENTRATOM - TELEX 460392 - I

SMR/112 - 10

IV^o SEMINAIRE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

(10 - 21 septembre 1984)

PRODUCTIVITE D'UN COUVERT VEGETAL
- POTENTIALITES
- RÔLE DES FACTEURS DU MILIEU

G. GROSSE
Station de Bioclimatologie
I.N.R.A.
Route de St. Cyr
78000 Versailles
France

PRODUCTIVITE D'UN couvert végétal
- Potentialités
- Rôle des facteurs du milieu.

Gosse G.
Station de Bioclimatologie
INRA Versailles (France).

- 1 -

Ces notes sont préliminaires. Vous trouverez les copies qui vous manquent et des supplémentaires au Bureau 231.

$$\Sigma(t) = \Sigma_e(t) \times \Sigma_h(t) \times \Sigma_p(t)$$

$$\text{Rad. P. primaire} = \int dt R_p(t) \cdot \Sigma(t) dt$$

$$\text{ou } \Sigma_p(t) = 1$$

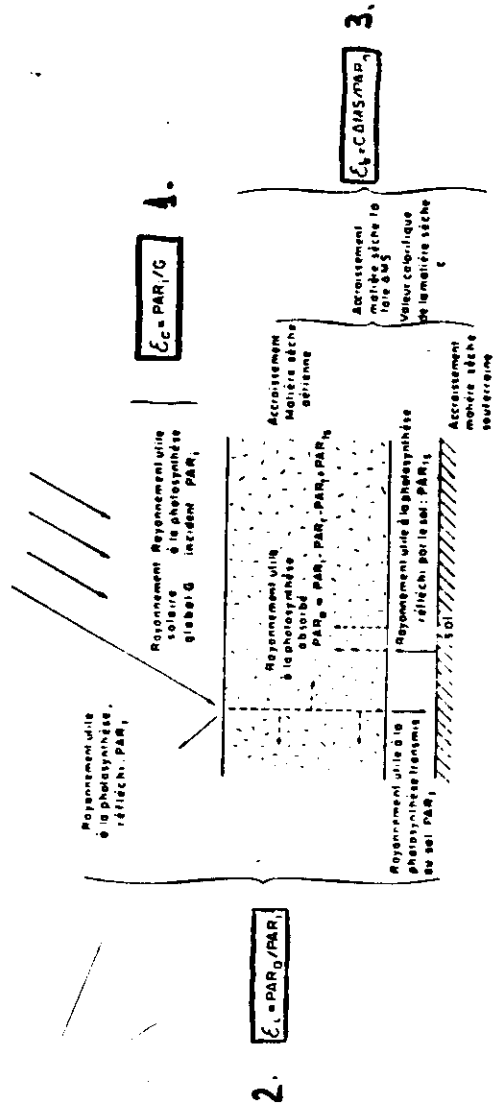


Figure 1 : Schéma montrant les mesures nécessaires aux calculs du rendement énergétique et de ses composantes. D'après [2]

Rayonnement utile à la photosynthèse PAR

- Definition de Mac-Cree
Notion de spectre d'action
Les mesures effectuées sur 22 espèces montrent
 - . PAR = 400 - 700 nm
 - . Spectre d'action f(longueur d'onde)
- Choix de l'unité
 - . Besoin d'une valeur intégrée
 - . Expression en unité photonique
en unité énergétique
- Pas de configuration idéale
L'expression la plus satisfaisante est celle d'une densité de flux de photons dans la gamme 400 - 700 nm
- Mesure = Capteur Li-Cor

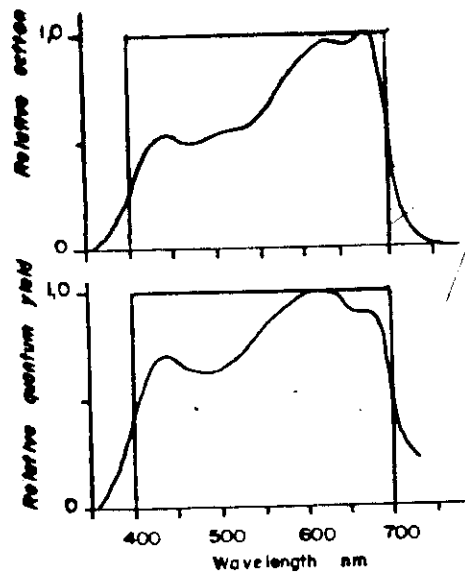


Figure 2 : Spectre d'action moyen de feuilles exprimé en terme d'énergie et de nombre de photons. D'après [3]

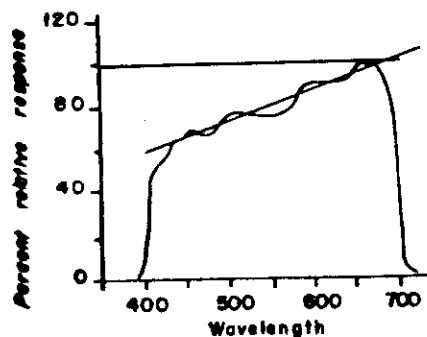


Figure 3 : Réponse spectrale du capteur LI-COR. D'après [4]

Sources de variation du PAR

- en conditions naturelles
 - f(rapport Diffus/Global)
 - . longueur du trajet optique
 - . composition de l'atmosphère (ennuagelement et trouble)

Resultats

$$E_c = \text{PAR}/G = 0.48 \text{ (PAR et G en W/m}^2\text{)}$$

$$E_c = 2 \text{ (PAR en } \mu\text{E/m}^2\text{/s et G en W/m}^2\text{)}$$

Conclusion en conditions naturelles la mesure energetique = mesure photonique
Exemple de deviation cas de l'harmattan

- en conditions artificielles
 - Spectre de lampes tres variable
 - Necessite d'une mesure photonique

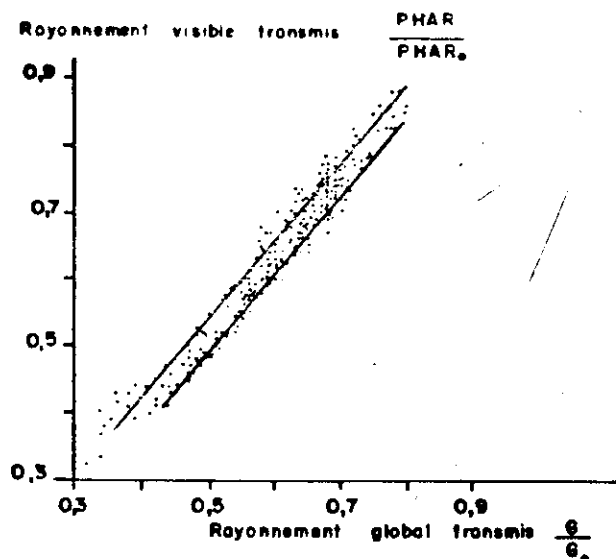


Figure 5 : Relation entre la transmission de la fraction PHAR et celle du rayonnement global correspondant pour l'ensemble des journées étudiées. D'après [6].

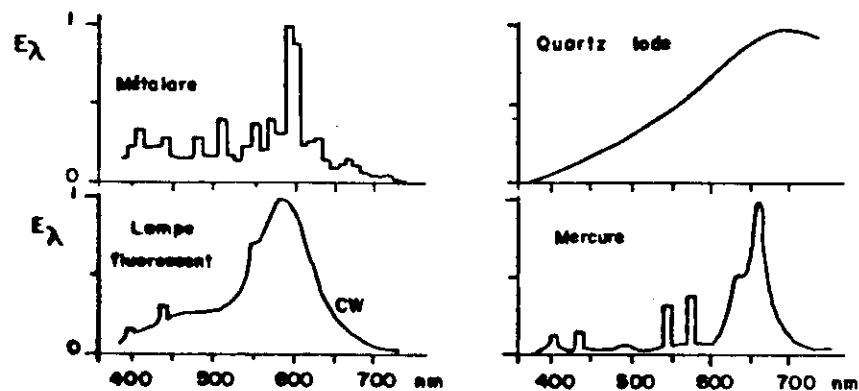


Figure 6 : Réponse spectrale des lampes utilisées en expérimentation. D'après [3].

L'efficience d'interception est fonction

- 1 - des caractéristiques du rayonnement incident
 - rapport Diffus / Global
 - hauteur du soleil
- 2 - de l'agencement spatial des feuilles
 - inclinaison
- 3 - de la surface de feuilles développée par la culture
 - indice foliaire IF
- 4 - des propriétés intrinsèques du capteur feuille
 - réflexion et transmission

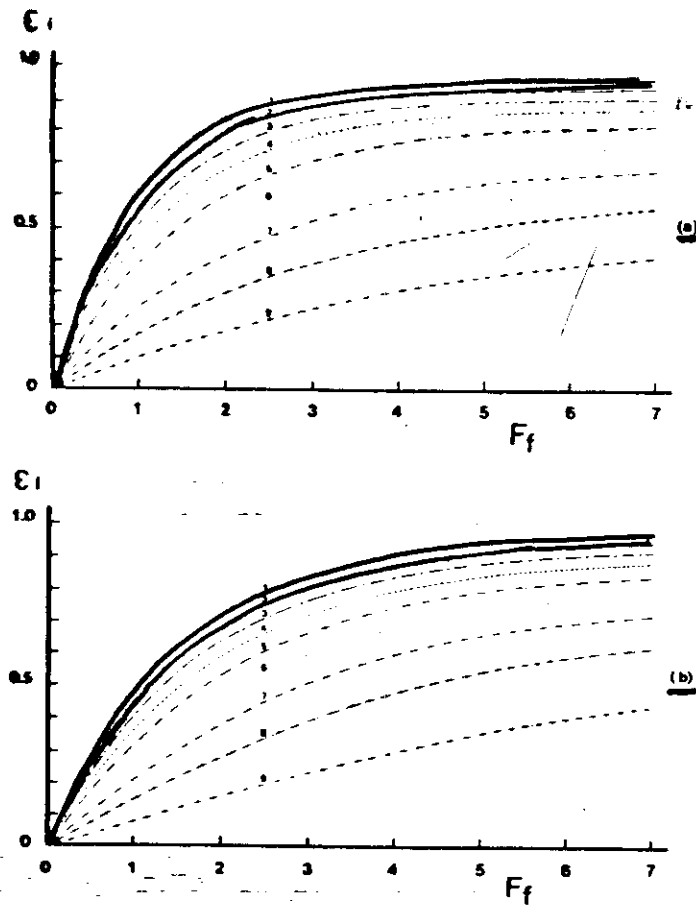


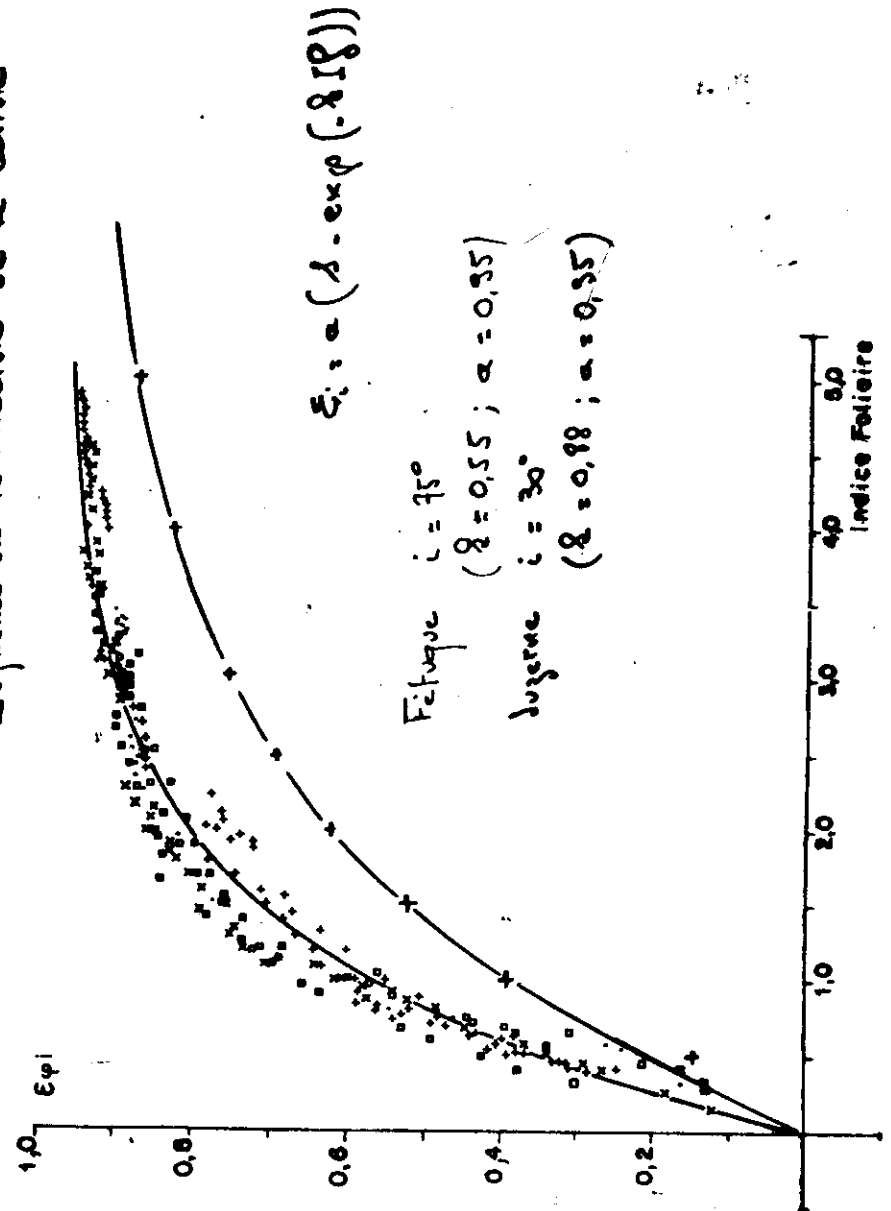
Figure 52 : Variations des valeurs journalières théoriques de ϵ_i en fonction de l'indice foliaire F_f pour différentes valeurs de la réflectance des feuilles ($R_{vis} = T_{vis}$) et pour des inclinaisons moyennes des feuilles de 0° (a) et 65° (b)

Courbe	1	$R_{vis} = 0,05$
	2	0,10
	3	0,15
	4	0,20
	5	0,25

Courbe	6	$R_{vis} = 0,30$
	7	0,35
	8	0,40
	9	0,45

d'après R. Bonhomme
et C. Varet-Granchet.

Influence de la structure de la culture



Les roëles.

- Type loi de Beer

$$I = I_0 e^{-k L A I}$$

- Type Kubelka - Munk

Direct + Diffus + Rediffusé par la végétation.

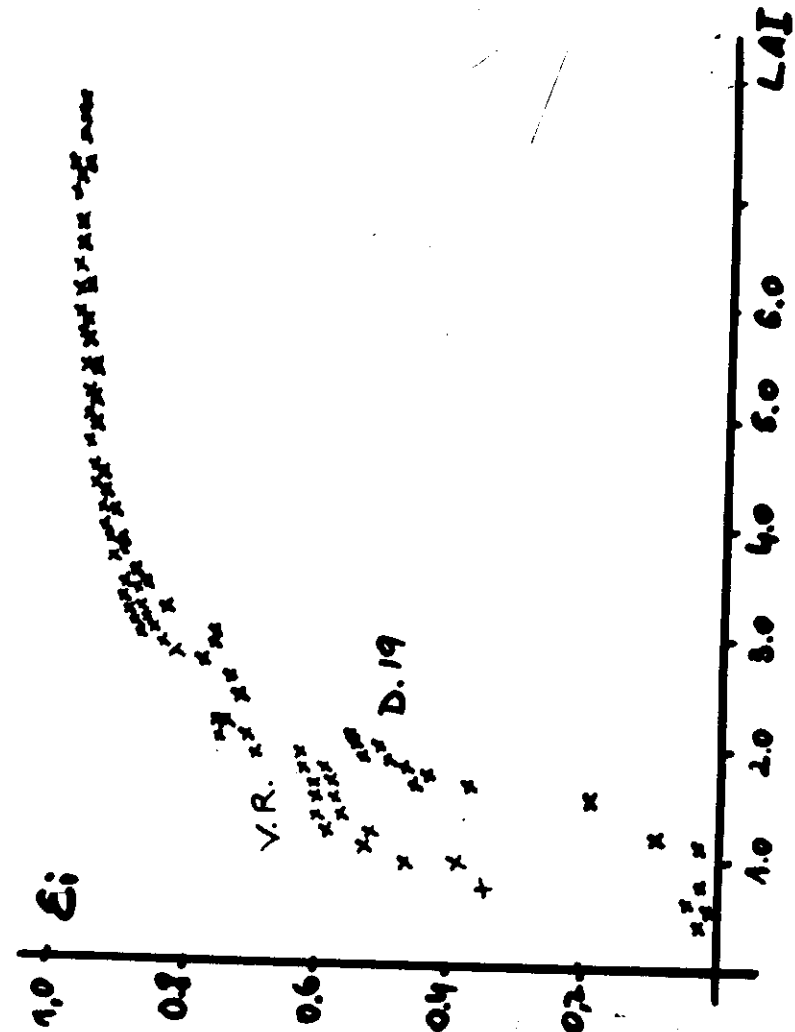
- Type Statistique

$$E_i = a (1 - \exp^{-k L A I})$$

$$0,52 < k < 0,88$$

$i = 30^\circ$ $i = 20^\circ$

a coefficient de réflexion de la culture
a ≈ 0.05



Conclusions:

1. Limites

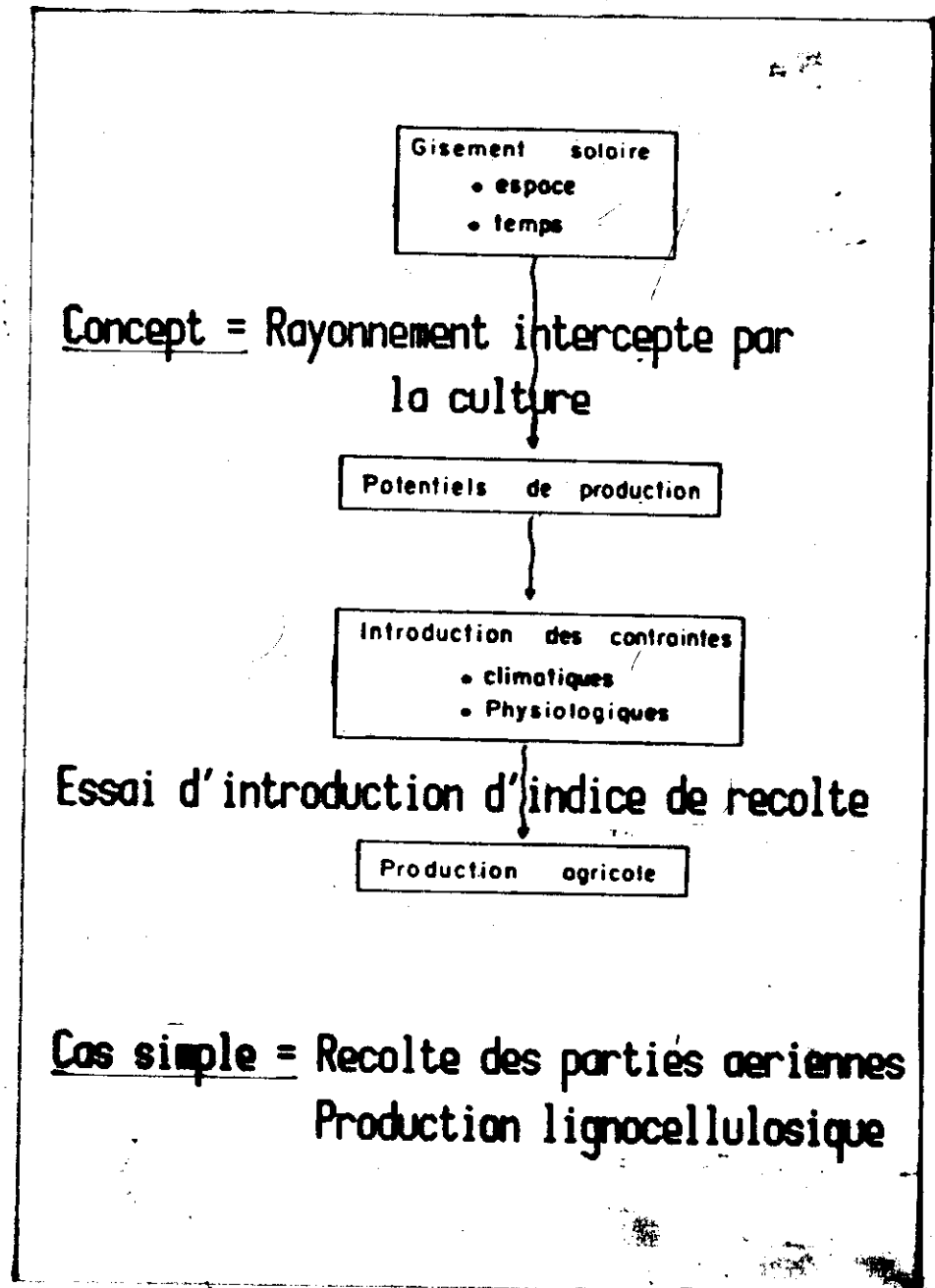
Modèle pour milieu homogène
Cas des couverts anisotrope
Cas des couverts en phase installation

2. Paramètres importants:

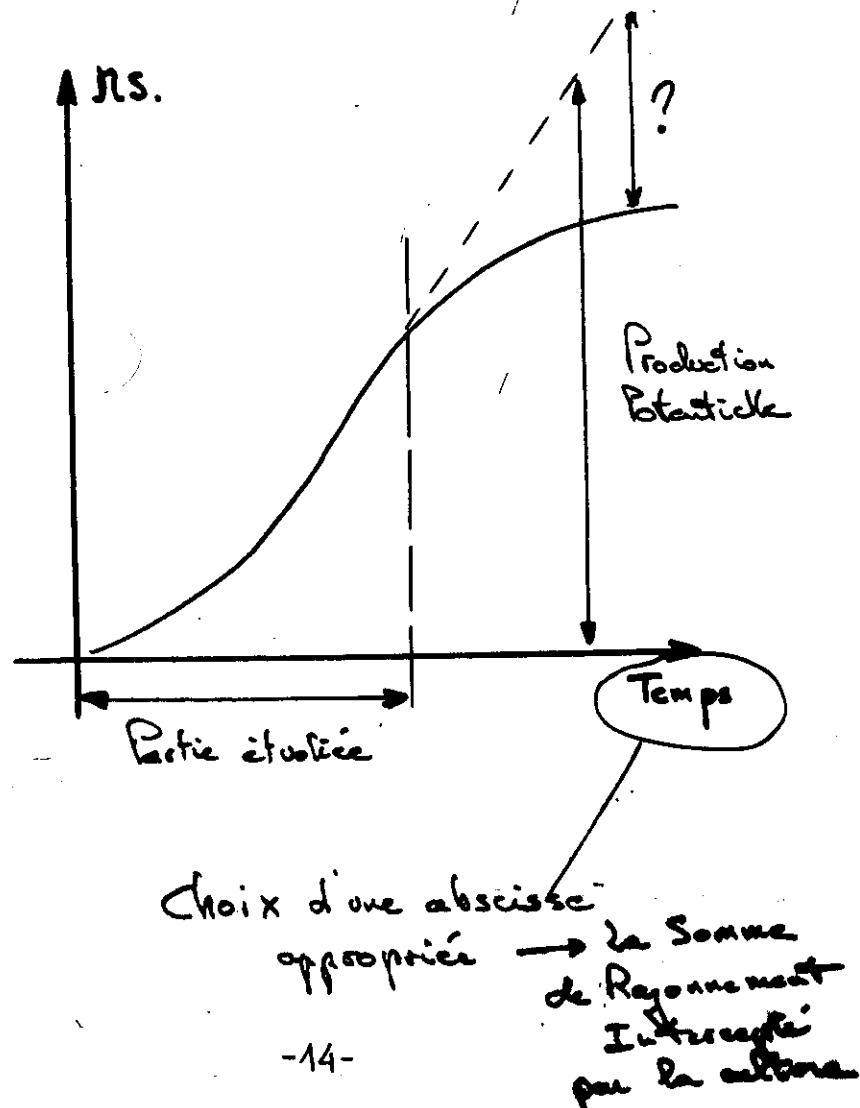
- Géométrie du couvert
- Dynamique d'installation de la surface foliaire avant saturation.
- Notion de LAD.

3. Paramètre maîtrisé expérimentalement

→ Les études fondamentales ne sont plus à ce niveau.

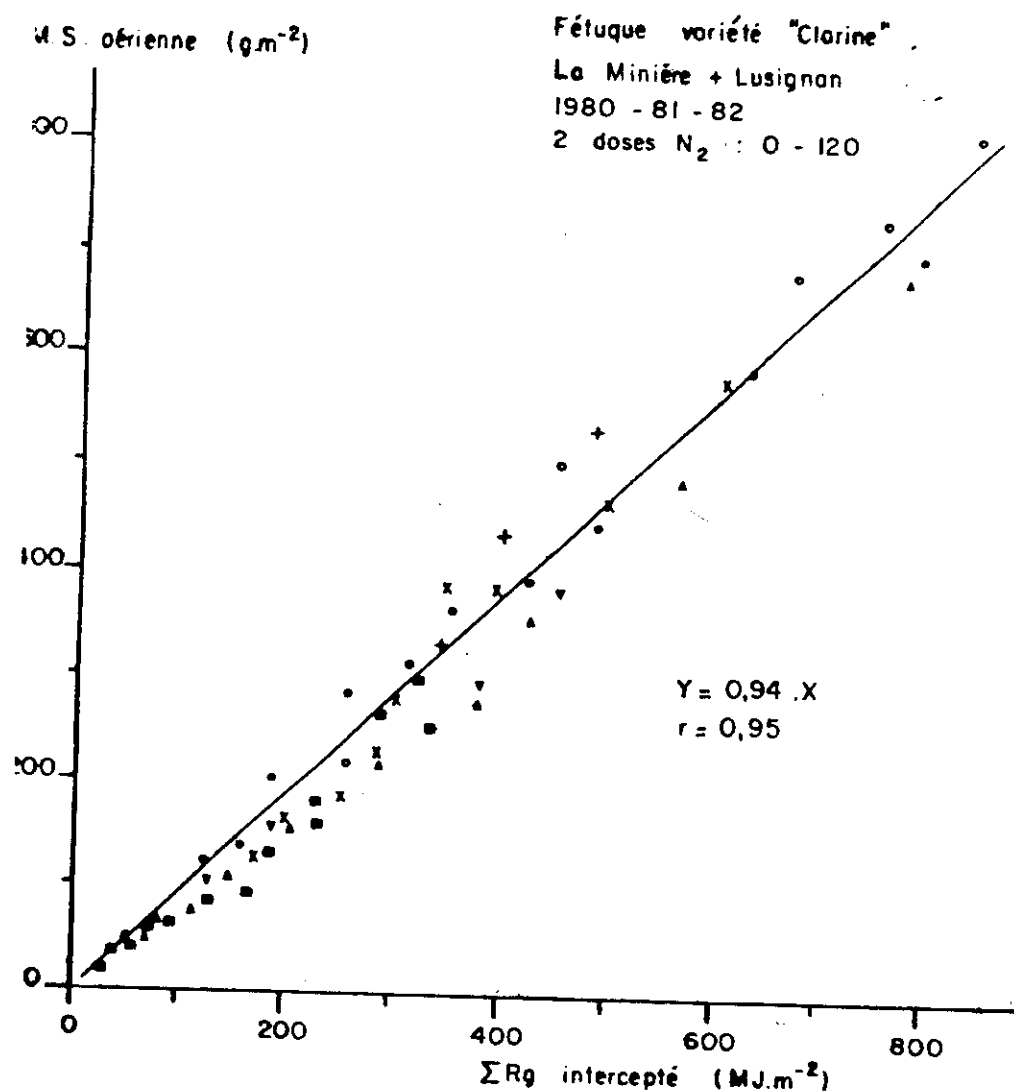


à facteurs H_2O , N_2 et autres éléments minéraux non limitants.



Paramètres intervenant sur l'axe "Somme de Rayonnement intercepté"

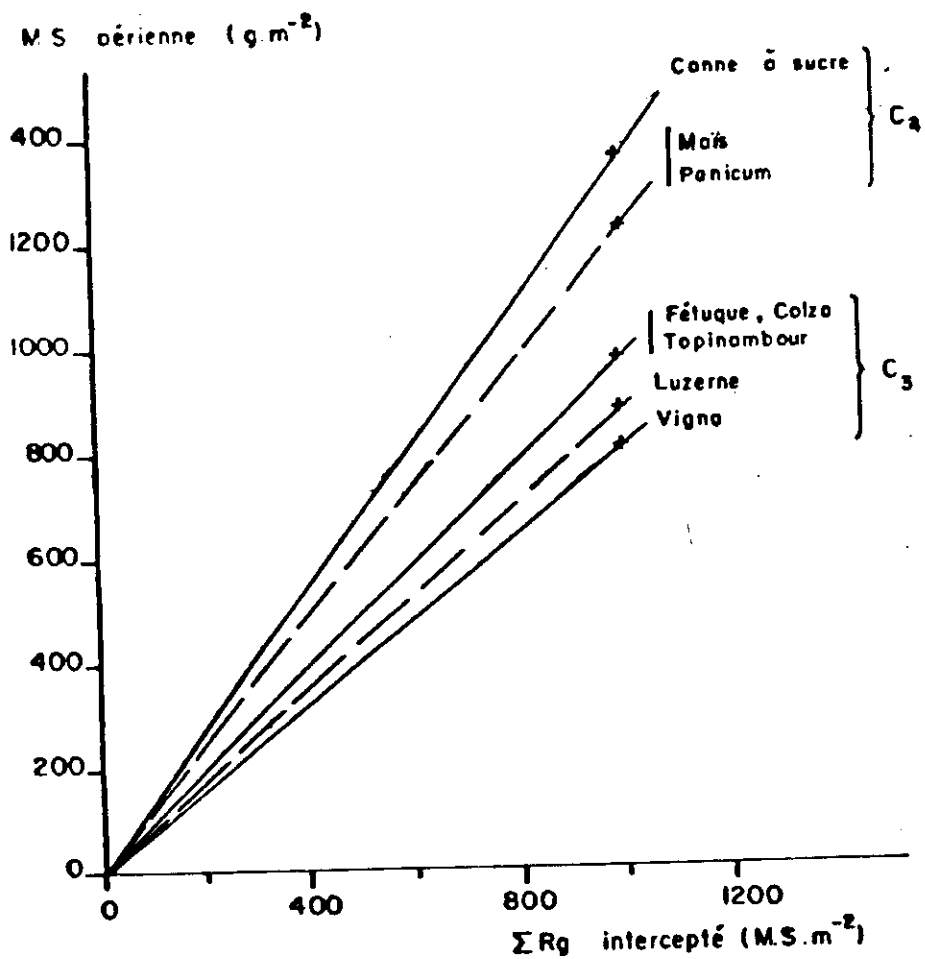
- 1 - des facteurs climatiques
- le rayonnement PAR
- 2 - la structure de la végétation
- l'efficacité d'interception
- 3 - la durée de végétation
- 4 - la vitesse de mise en place de la surface foliaire
- 5 - la vitesse de sénescence des organes photosynthétiques



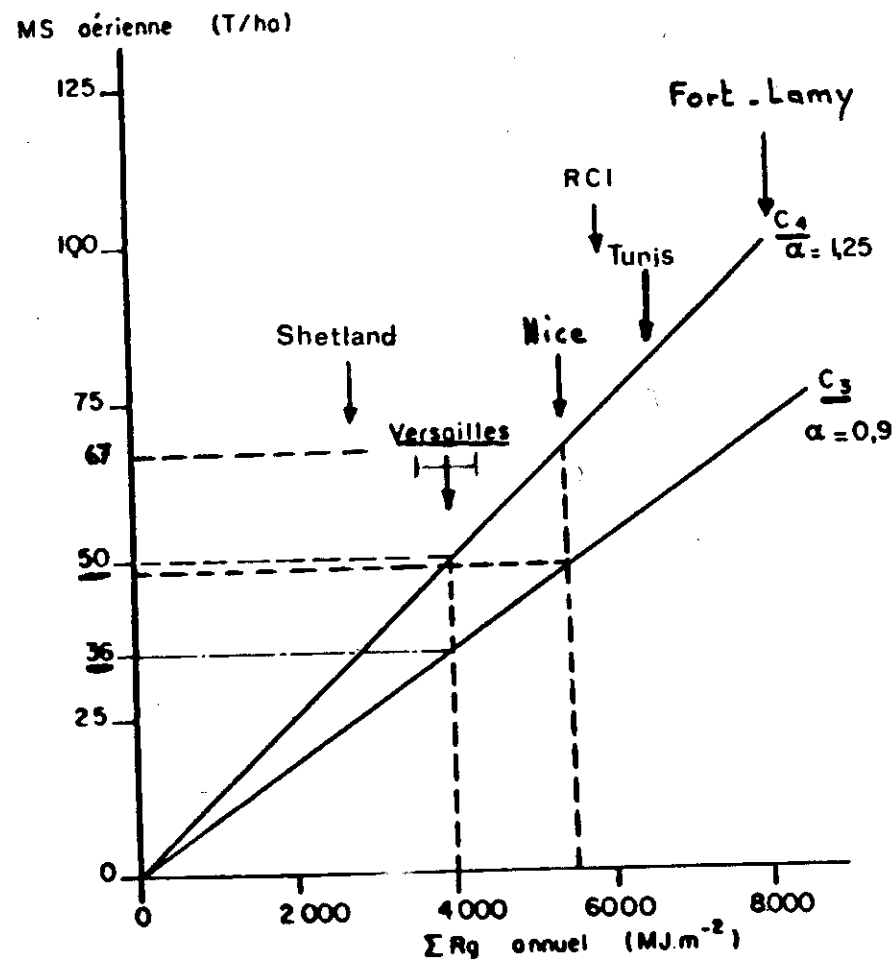
-16-

MS = Somme de Rayonnement Intercepté

- + **Luzerne** 5 ans (4 repousses par an)
2 sites (Versailles - Lusignan)
- + **Fétuque** 3 ans 2 doses d'azote
2 sites (Versailles - Lusignan)
- + **Panicum** 7 repousses en Cote d'Ivoire
- + **Vigna sinensis** 3 densités (Guadeloupe)
- + **Topinambour** 2 variétés et 2 sites
- + **Canne à sucre** 2ans - 4 variétés
1 site (Guadeloupe)
- + **Mais** 1 an - 3 variétés - 1 site (Mons)
2 ans - 1 variété sur La Minière
- + **Féverolle** 1 an - 1 variété - 1 site
- + **Roseau** 2 ans - 1 site (Gambaiseuil)
- + **Ble** 1 an - 5 variétés - 1 site (Mons)
- + **Colza** 3 ans - 2 lieux - n traitements

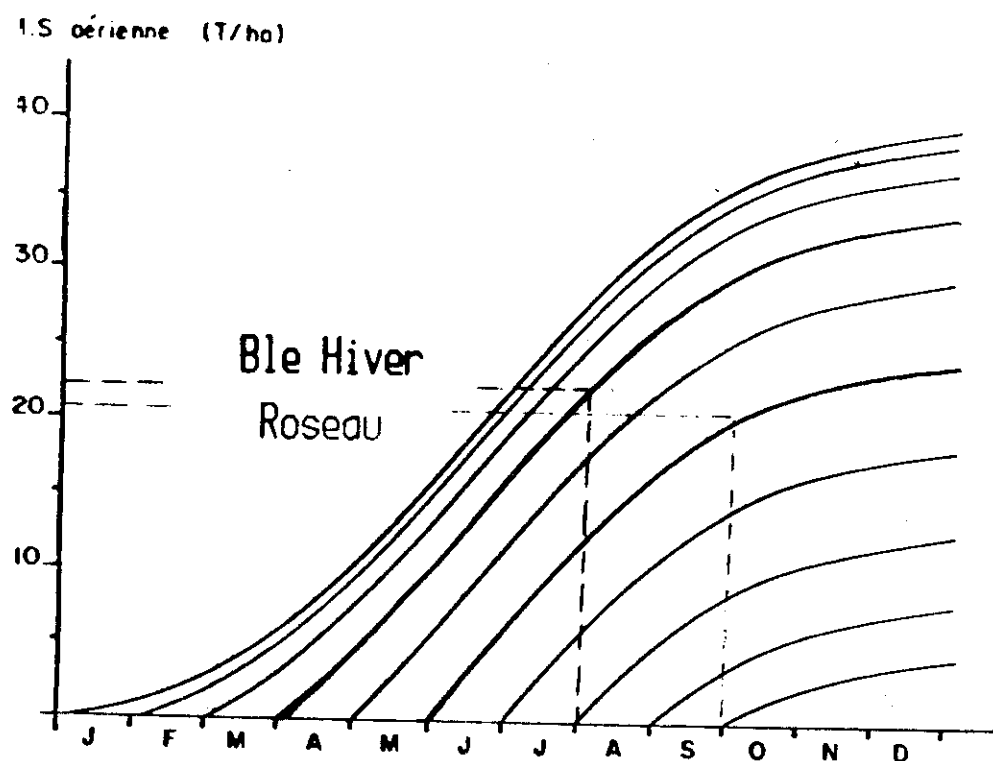


-18-



-19-

Effet de - la date d'implantation
- la durée de végétation

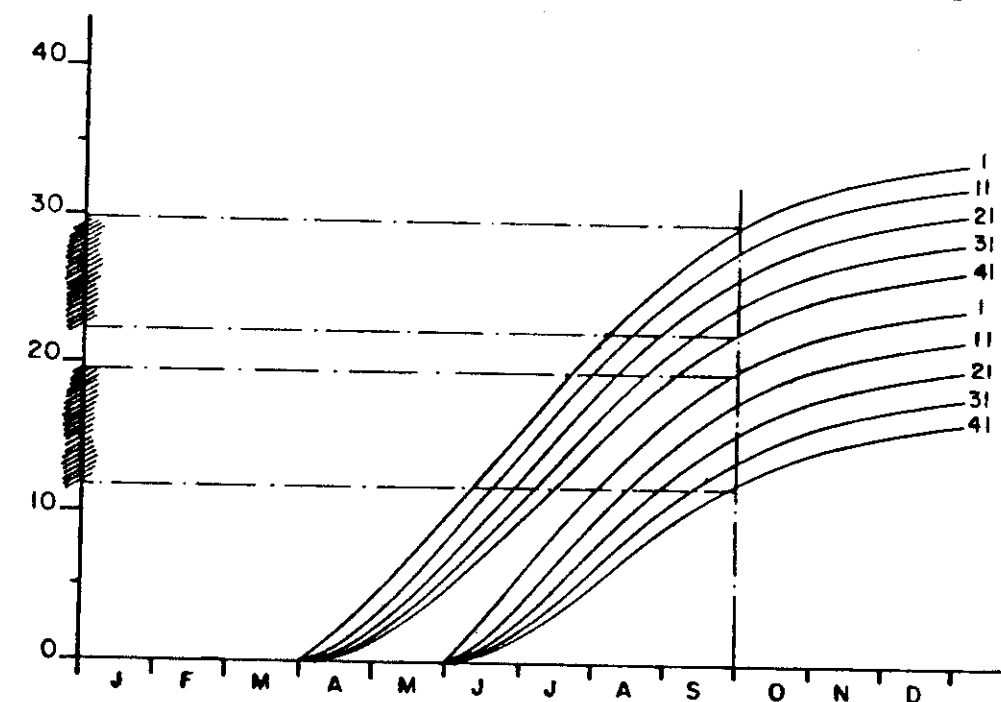


Hyp= Normale de rayonnement de Versailles
Plante de type C3
Efficience d'interception égale à 1

Effet de la vitesse de mise en place
de la surface foliaire

Courbe 1 $E_i=0.9$ en 2 jours

11 en 29 j; 21 en 54 j; 31 en 80 j; 41 en 131 j



Hyp= Normale de rayonnement de Versailles
Plantes de type C3
2 dates d'implantation

Conclusions - Applications.

- En conditions optimales, pour des applications agronomiques:
 - la photosynthèse n'est pas limitante
 - Importance
 - 1. de la durée de végétation
 - 2. de la cinétique d'établissement
 - 3. de la période de végétation

Conséquences:

- Mise au point de modèles d'établissement de la surface foliaire ex. luzerne
 - $I_f = \Sigma \Theta$
 - rôle de l' N_2 .

- Possibilité de caractériser simplement le potentiel climatique d'un lieu.

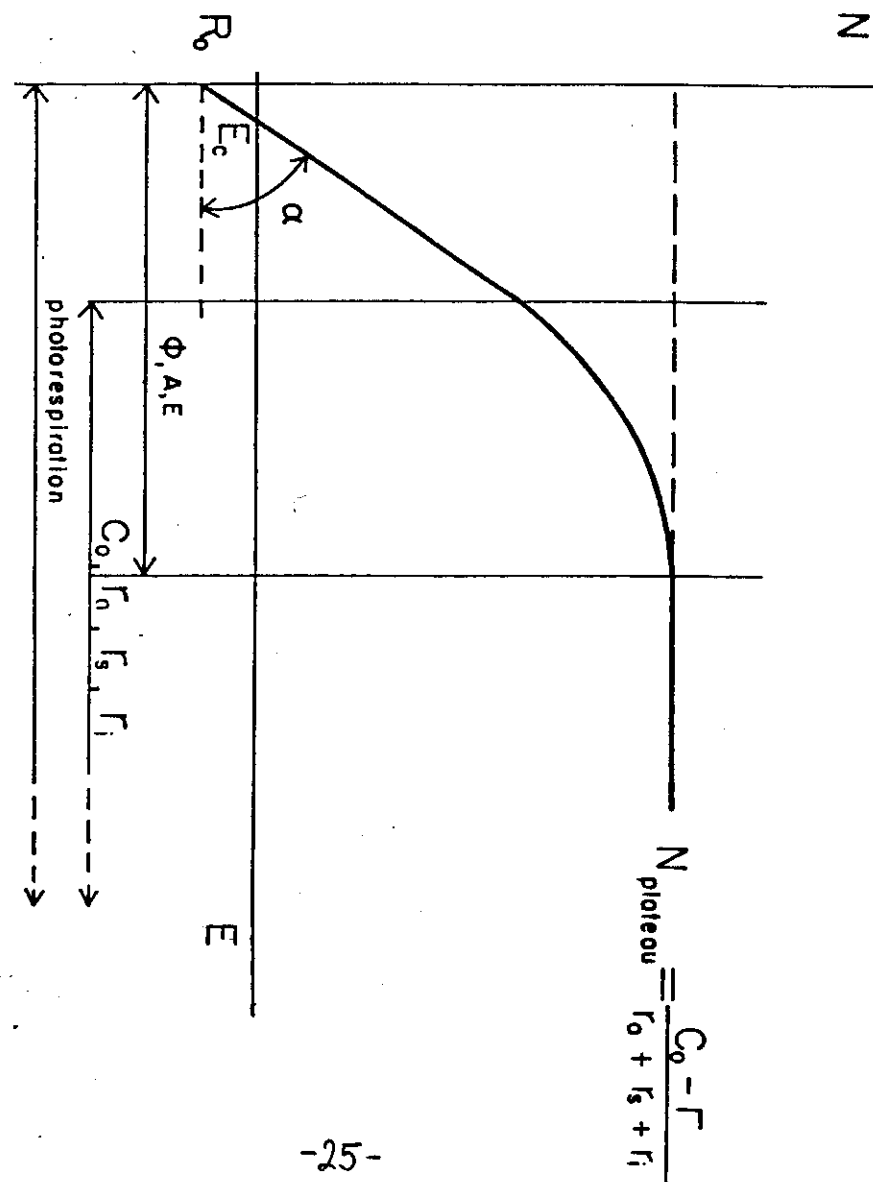
Signification de la paille α .

Est une biomasse lignocellulosique
(pb capacité calorifique)

$$\alpha = \int (E_b \times E_p)$$

$$E_b = \int (\text{Photosynthèse} + \text{Respiration}) \text{ de la culture}$$

$$E_p = \int (\text{Répartition des assimilats entre P. aériens et P. souterr.})$$



• Photosynthèse Culture

ϕ_{CO_2} : $\Sigma \phi_{\text{CO}_2}$ de l'ensemble de feuille

3 R :

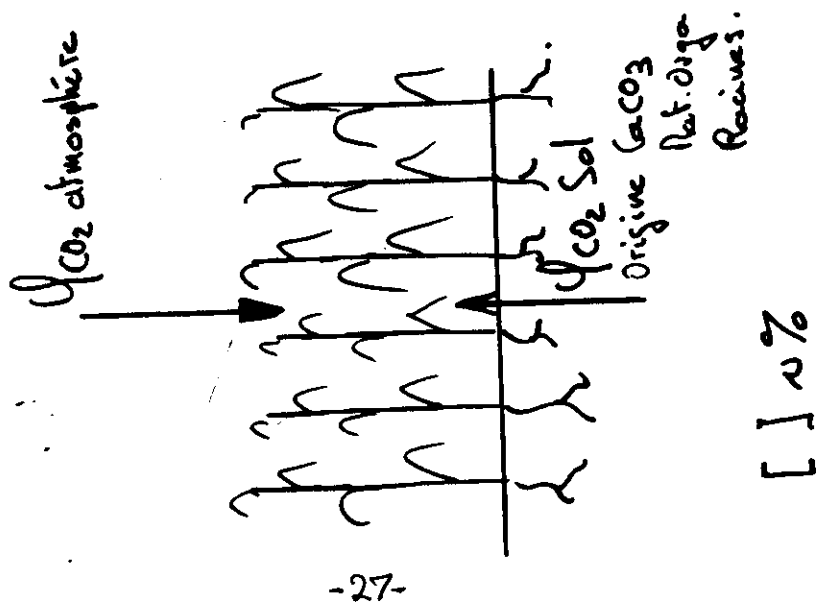
- réponse intrinsèque
- Ranges et modes d'intégration
- Sensibilité de la culture à des Δ de la réponse intrinsèque du capteur.

• Respiration Schéma Roe Cree

$$R = \underbrace{a(\Theta) \cdot RS}_{R. \text{ maintenance}} + \underbrace{b \phi_{\text{CO}_2}}_{R. \text{ croissance.}}$$

$$\text{Bilan CO}_2 = \sum \phi_{\text{sol}} + \phi_{\text{atm.}}$$

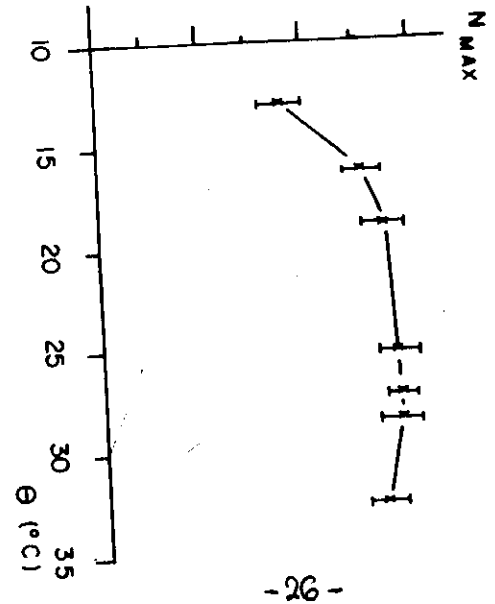
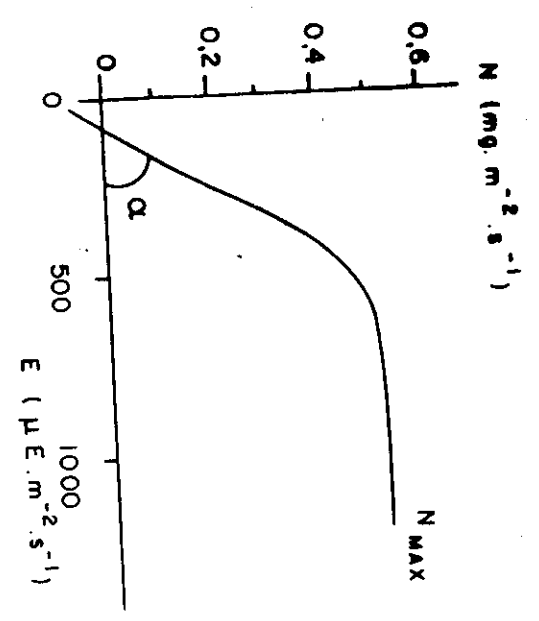
culture



-27-

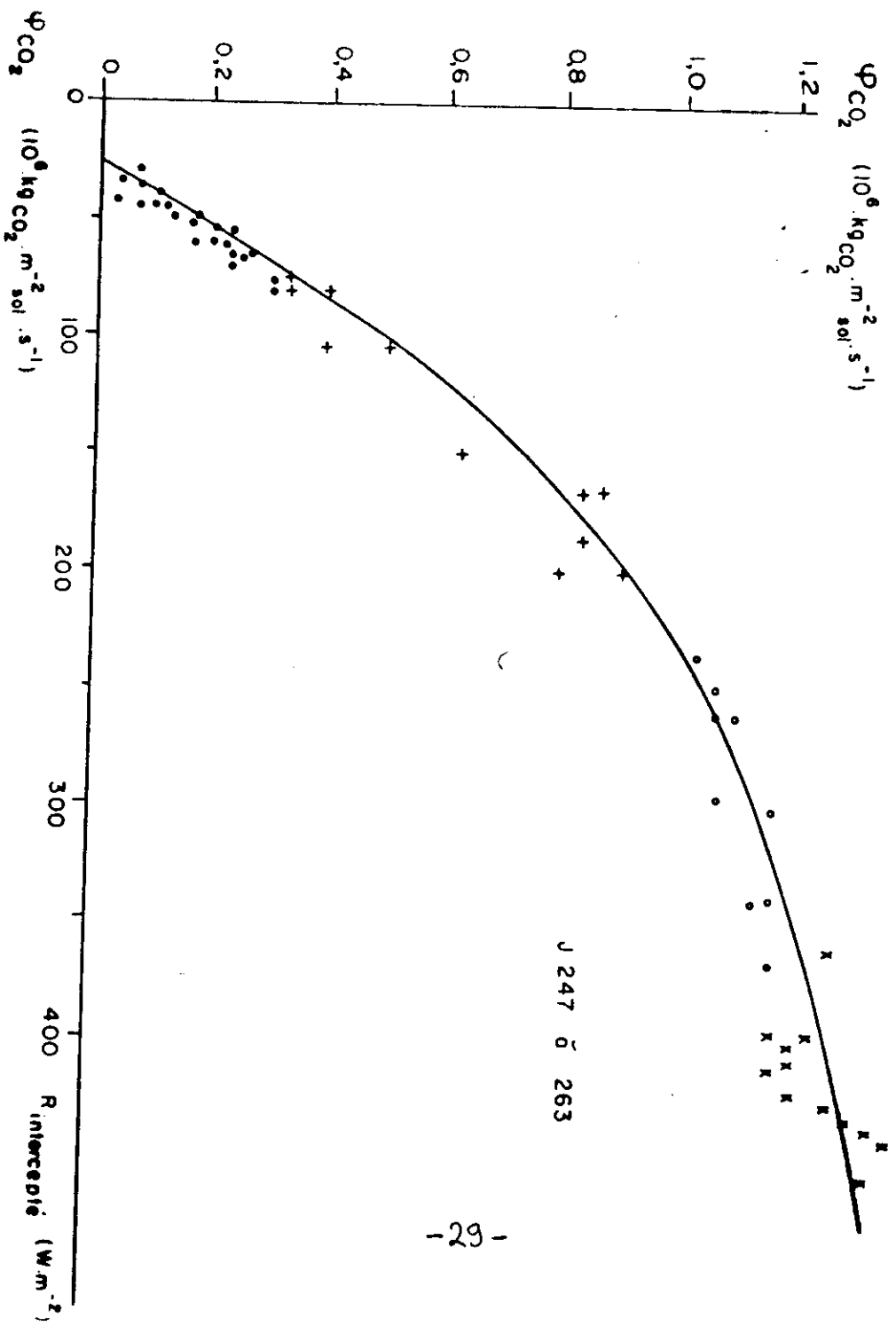
-28-29-30-31-

Fig 2

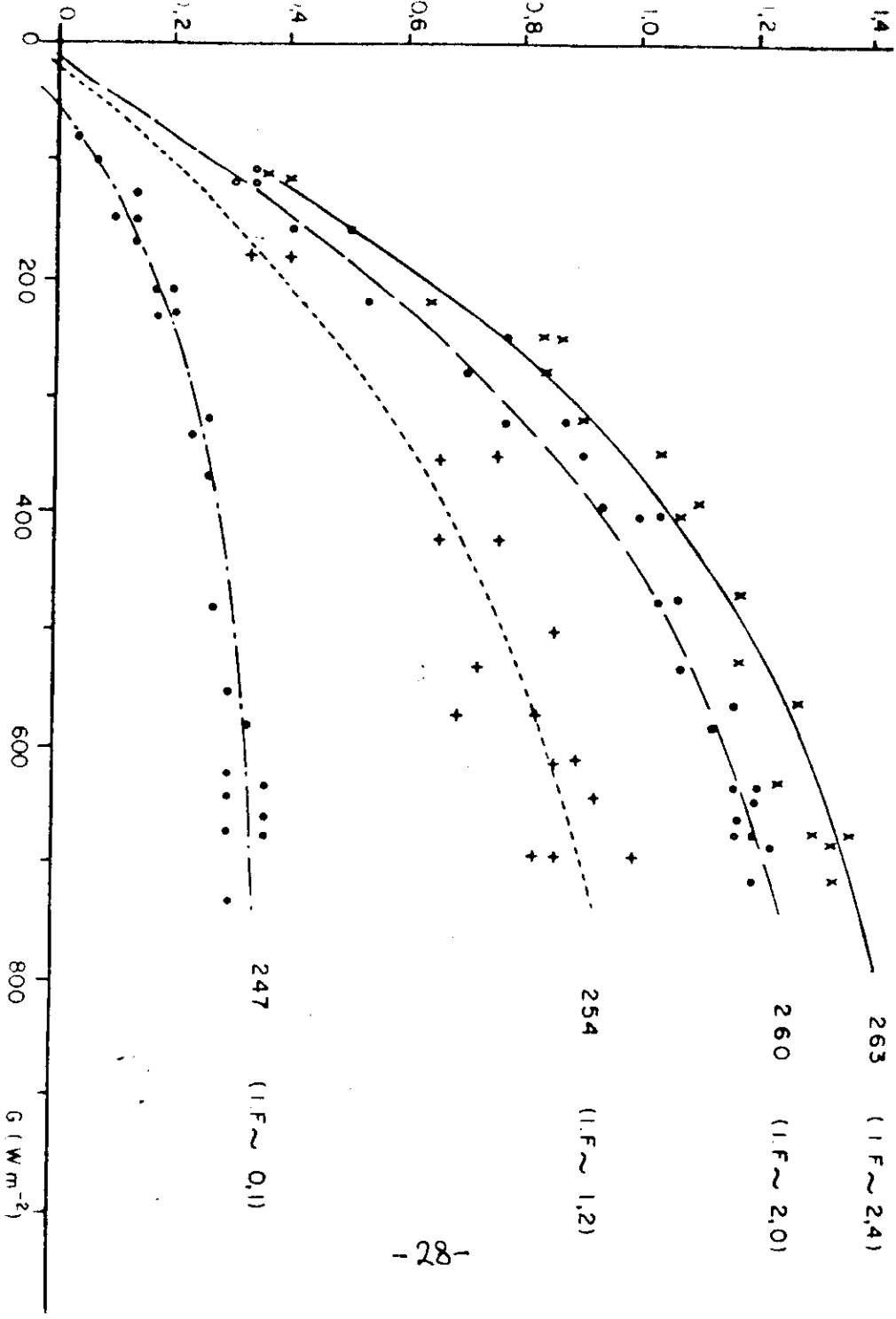


-26-

Figure 11 : Action de la température sur la photosynthèse d'une feuille de luzerne.
D'après [21].



-29-



-28-

Efficacité de la photosynthèse brute
 ϵ_{pg} (valeur journalière)

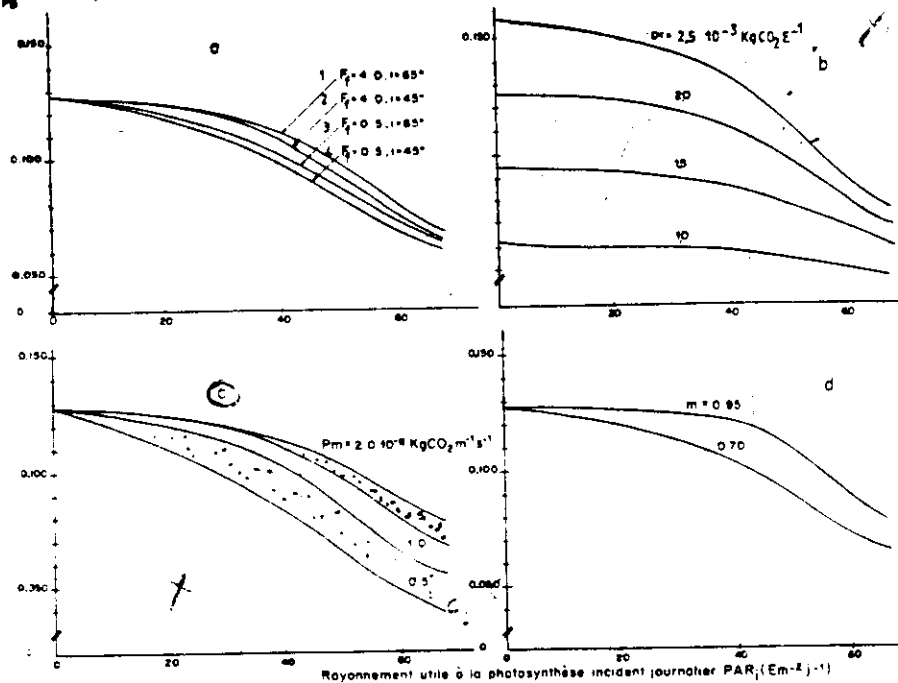
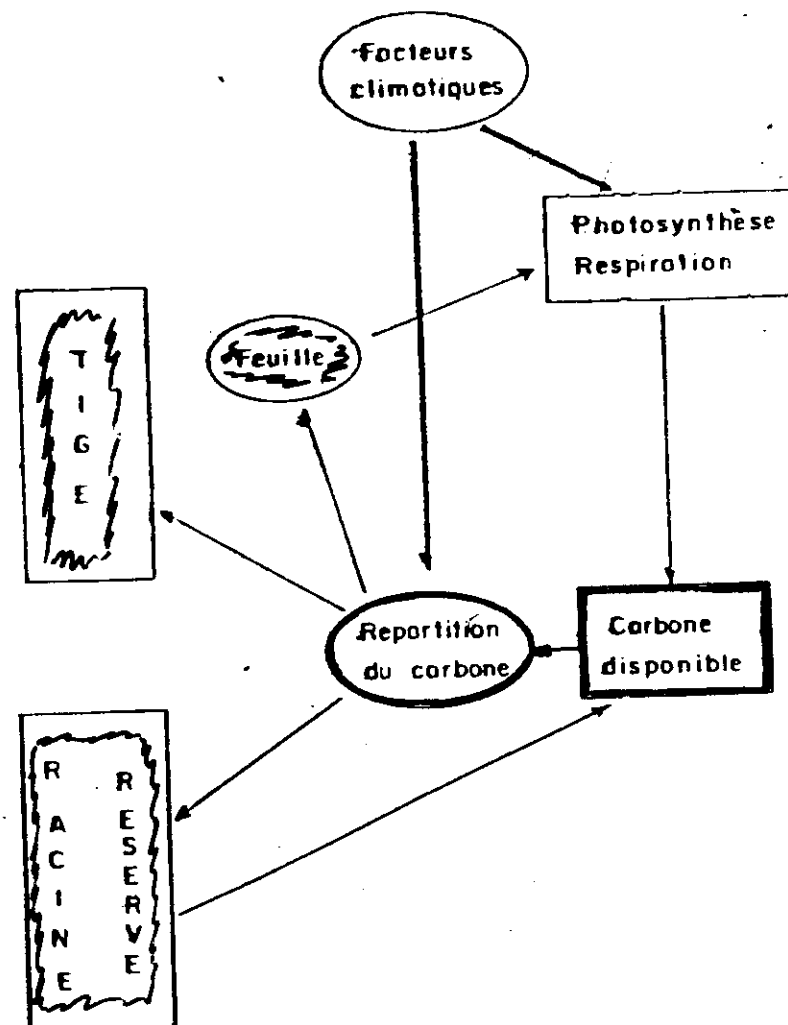
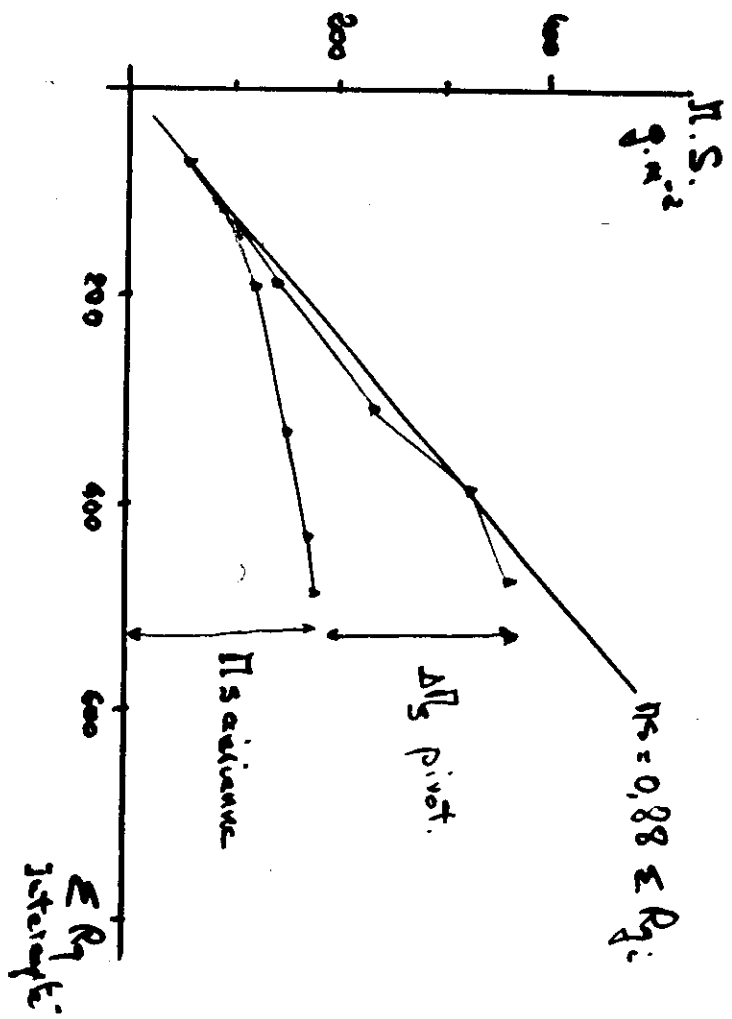


Figure 25 : Efficacité théorique de la photosynthèse brute d'une culture de Canne à sucre (pp) : valeurs journalières en fonction du rayonnement journalier utile à la photosynthèse reçu par la culture PAR_i (en Einstein $\text{m}^{-2} \text{j}^{-1}$).

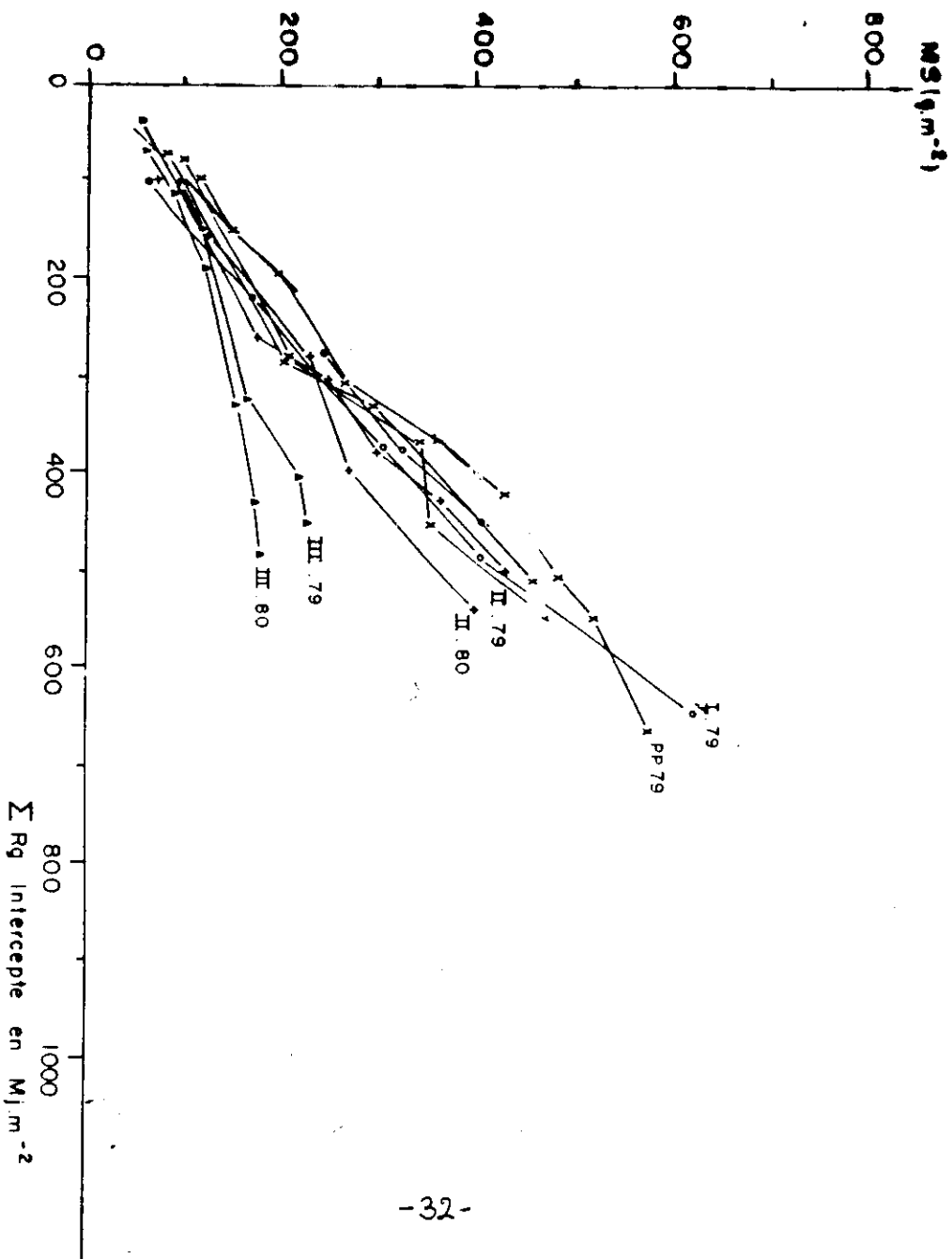
- a) influence de l'inclinaison des feuilles et de l'indice foliaire de la culture avec :
 $P_m = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ KgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $\alpha = 2 \cdot 10^{-3} \text{ KgCO}_2 \text{ E}^{-1}$; $m = 0,90$
- b) influence des caractéristiques photosynthétiques des feuilles avec :
 $P_m = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ KgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $m = 0,90$; $P_i = 4,0$; $i = 65^\circ$
- c) influence des caractéristiques photosynthétiques des feuilles avec :
 $P_m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ KgCO}_2 \text{ E}^{-1}$; $m = 0,90$; $P_i = 4,0$; $i = 65^\circ$
- d) influence des caractéristiques photosynthétiques des feuilles avec :
 $P_m = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ KgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $\alpha = 2,10^{-3} \text{ KgCO}_2 \text{ E}^{-1}$; $P_i = 4,0$



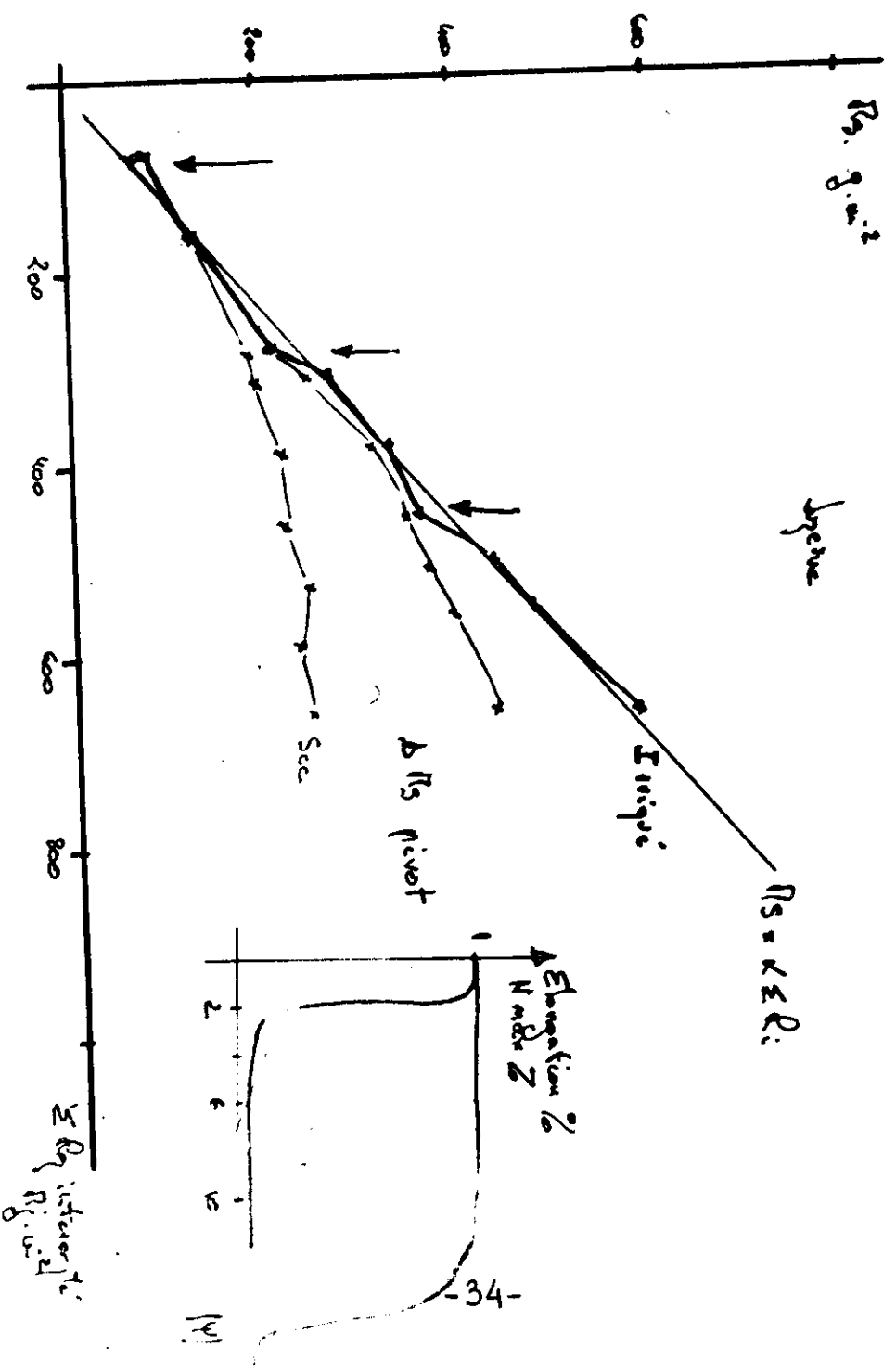
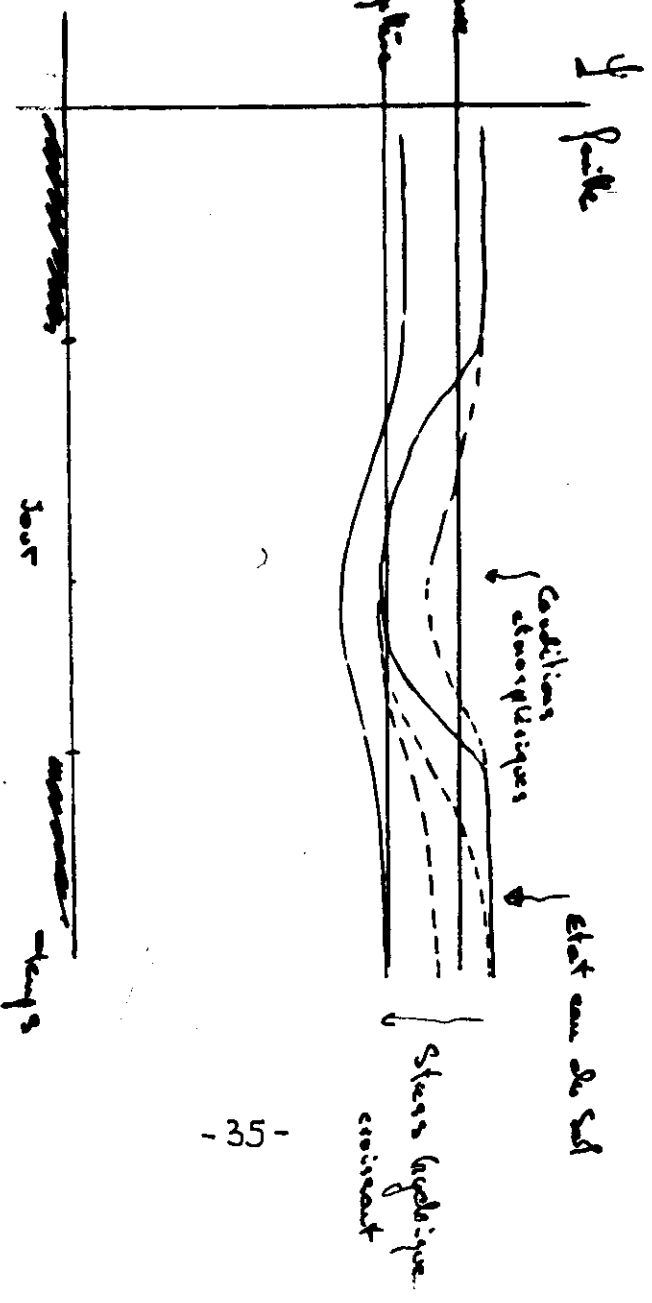


- 33 -

logue - 1980 Poursuite d'automne.
Action de la photopériode.



- 32 -



Conclusion:

E. evolution de stress

→ action sur la dynamique de la mise
en place de la surface foliaire
cf. conditions optimales

+ action du stress

sur E_b

• E_p

• E_b et E_p .

→ Nécessité de considérer "la plante entière"

→ Besoin d'une modélisation globale

• Cas simple de la production totale
de biomasse

Première étape vers Production de grain.

Harvest Index n'est plus suffisant pour
la sélection.

