

RAYONNEMENT SOLAIRE INTERCEPTE PAR LES COUVERTS DES CULTURES DE TOURNESOL, FACTEUR EXPLICATIF DE LA PRODUCTION

G. Picq

C.E.T.I.O.M. Observatoire du Tournesol, Baziège, France

RESUME

L'intégrale de l'énergie solaire interceptée par les couverts foliaires des cultures de tournesol, au cours de phases précises de la culture, permet d'expliquer, quel que soit le lieu de culture ou l'année, le nombre potentiel d'akènes formés et le rendement. Le rendement, en particulier, est bien expliqué par l'intégrale du rayonnement intercepté pendant la phase fin floraison - maturité physiologique.

En corollaire, les techniques culturales : densité de semis, irrigation, fertilisation... raisonnées pour prolonger l'activité du couvert foliaire à un niveau optimal pendant cette phase, permettent d'atteindre de très hauts niveaux de rendement.

SUMMARY

Solar radiation intercepted by sunflower canopies, a factor explaining production. The integral of solar energy intercepted by field sunflower canopies at different precise phases can explain the potential number of seeds and the yield, whatever the place or the year.

The yield, in particular, is well explained by the integral of solar radiation intercepted during the phase late anthesis - physiological maturity.

As a corollary, cultural techniques : density, fertilization, irrigation... aiming at prolonging canopy activity during that phase can give high level of yield.

INTRODUCTION

Le diagnostic fiable et précis des facteurs limitants et des facteurs de production impliqués dans la variabilité des rendements observés entre champs, régions et années, est important pour mieux définir les voies d'une maîtrise de la production et de l'augmentation des rendements.

Sur les parcelles de grandes cultures observées minutieusement chaque année, les rendements s'échelonnent de 12 à 60 q. Plus de 20 variables sont enregistrées et calculées chaque année : surface et indice foliaire (L.A.I.) à différentes phases du développement, nombre et poids de grains, évolution du déficit hydrique au cours du développement, etc.

Un modèle expliquant le rendement par la somme de rayonnement intercepté par le couvert foliaire de la culture en phase de remplissage du grain s'avère être le mieux relié à la variabilité des rendements observés, quels que soient le lieu, l'année ou la conduite de la culture.

MATERIELS ET METHODES

Une vingtaine de champs de grande culture sont suivies précisément chaque année depuis le semis jusqu'à la récolte.

Ces champs sont choisis dans des contextes pédo-climatiques et culturaux (date de semis - variété - conduite en irrigué ou sec...) très variés et contrastés.

Des placettes sont délimitées dans ces champs de grande culture.

Les observations et mesures réalisées sur ces placettes sont définies à partir de relations et de modèles existants ou d'hypothèses pour constituer une structure de diagnostics qui comporte deux axes principaux :

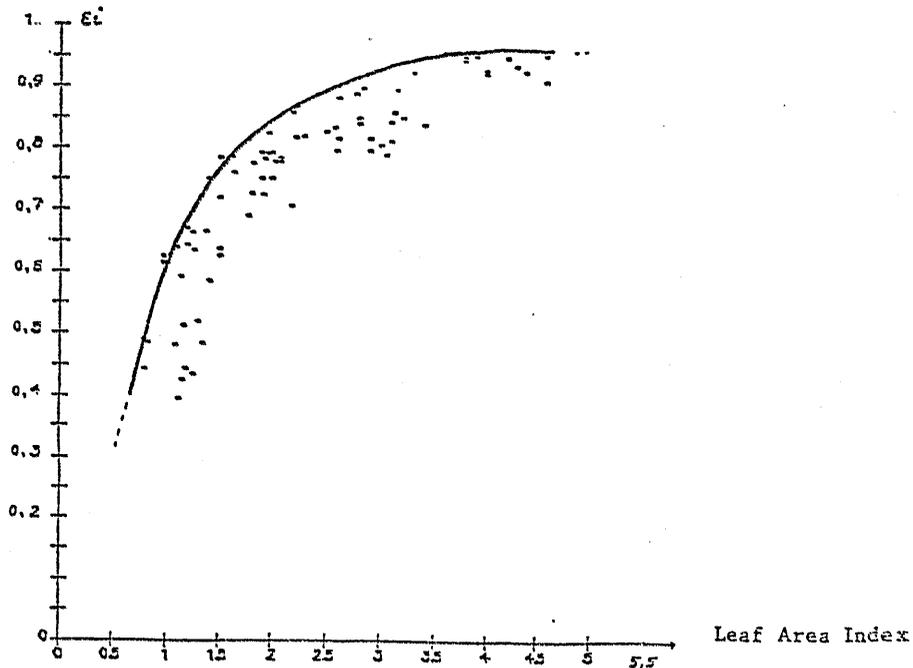
- la description de repères phénologiques précis liés à des phases déterminées comme critiques dans l'élaboration du rendement.
- la définition de la valeur de référence des critères à observer pendant ces phases critiques.

De nombreux travaux ont montré qu'il existait des liens étroits entre la quantité d'énergie interceptée par les feuilles de différentes espèces et la quantité de matière sèche totale formée. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux mesures du couvert foliaire dans son rôle fondamental chez les végétaux de capteurs d'énergie solaire pour la photosynthèse. Les mécanismes photosynthétiques réalisent la conversion d'une énergie de rayonnement en énergie potentielle chimique. La productivité d'un couvert foliaire peut donc être exprimée par un rendement énergétique (R. BONHOMME et al., 1982 ; VARLET-GRANCHET, 1982).

L'analyse de rendement énergétique du couvert foliaire (énergie potentielle chimique accumulée dans la matière sèche/énergie solaire reçue sur une même surface) pendant une phase de croissance bien définie dans sa spécificité : remplissage du grain, par exemple, nécessite les mesures :

1. de l'efficacité d'interception du couvert qui dépend principalement de l'indice foliaire de la culture et des qualités optiques des feuilles (VARLET-GRANCHET et BONHOMME, 1982).
2. de la durée de la phase considérée qui va conditionner le temps d'exposition des feuilles au rayonnement.
3. des valeurs de rayonnement incident au cours de la phase.

Des mesures simultanées d'efficacité d'interception en fonction de l'indice foliaire ont été réalisées en condition de plein champ sur des cultures de tournesol plus ou moins hétérogènes et pour des interlignes de 0,45 à 0,60 m à l'aide d'un appareil électronique portable, le "Ficqhélios" spécialement conçu pour des mesures rapides de plein champ (graphique n° 1).



Graphique n° 1 : Relation entre l'indice foliaire et l'efficacité d'interception du couvert foliaire de culture de tournesol
Relationship between Leaf Area Index and interception efficiency

La courbe enveloppe (graphique n° 1) représente le maximum d'interception des couverts mesurés pour un indice foliaire donné.

La dispersion des valeurs en-dessous de la courbe est liée aux performances des capteurs déterminés par les propriétés optiques des feuilles et de la répartition du rayonnement dans la masse foliaire : espacement des lignes de semis, hauteur des plantes, hétérogénéité de peuplement sur la ligne.

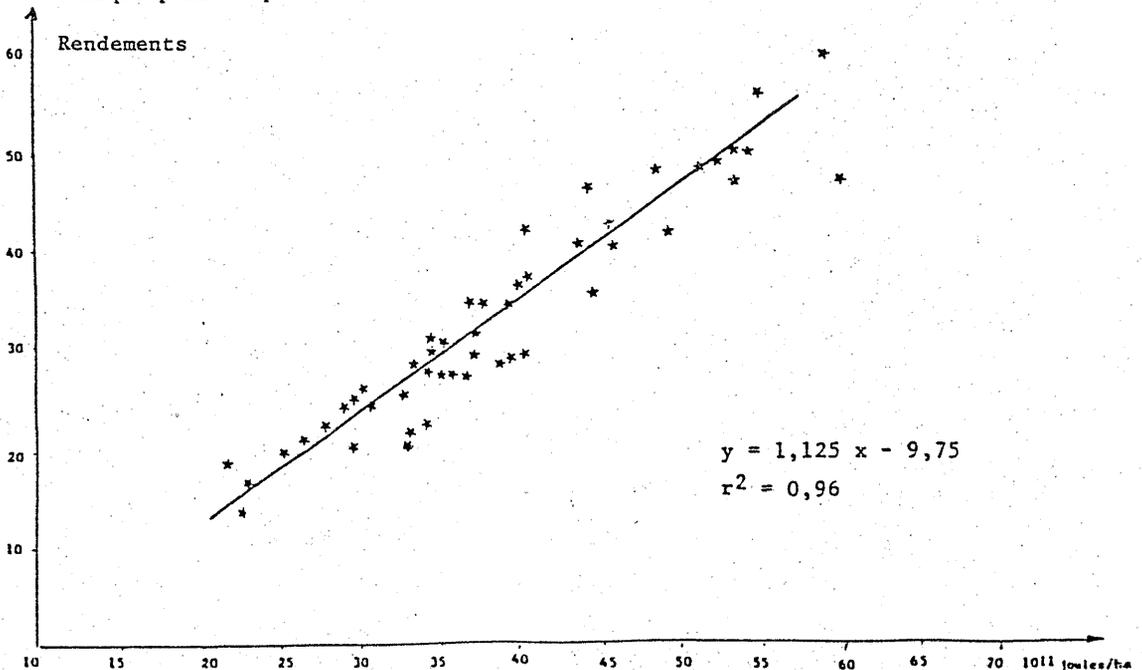
4. de l'efficacité de transformation de l'énergie absorbée en matière sèche eb, rapport entre l'énergie potentielle chimique accumulée dans la matière sèche et l'énergie utile pour la photosynthèse absorbée par la végétation.

La quantité de rayonnement interceptée a été calculée pour chaque placette :

- en situant la date précise de fin floraison : épanouissement des derniers fleurons au centre des capitules : Phase qui marque le début du remplissage du grain.
- la date de maturité physiologique, appréciée par des caractères phénologiques corrélés à la teneur en eau du grain : dessèchement de l'extrémité des fleurons, bractées involucreales brunissantes et par des mesures directes d'humidité du grain, phase qui marque la fin du remplissage du grain.
- en mesurant l'efficacité d'interception des couverts foliaires en fin floraison, puis tous les 7 à 10 jours, soit par mesures directes, soit par calculs à partir des mesures d'indices foliaires et de la relation moyenne indice foliaire x efficacité d'interception (graphique 1).
- en récupérant les valeurs de rayonnement global incident, mesurées avec des pyranomètres installés dans un périmètre de 20 km autour des parcelles observées.

RESULTATS

Le graphique n° 2 reproduit la relation pour une gamme de rendements de 15 à 60 q mesurés sur des placettes sur 3 années à climat contrasté (1984-1986 et 1987) dans des contextes de sols et de cultures très différents. Chaque point représente la mesure d'un site.



Graphique n° 2 : Relations entre le rendement et l'énergie interceptée par les cultures en phase de remplissage de grain

Relationship between yield and intercepted energy by sunflower canopy

D'après la droite de régression, il faut en moyenne $90 \cdot 10^9$ joules/ha pour produire 1 quintal de grain. Le rendement énergétique atteint environ 3,0 % pour des graines à 45 % d'huile. En situation optimale : couvert foliaire interceptant 90 % du rayonnement c'est-à-dire à indice foliaire $> 2,5$ (graphique 1), une culture de tournesol produit près de 2 q de graines par jour en phase principale de remplissage du grain.

DISCUSSION

Sur l'ensemble des parcelles de grande culture observées sur plusieurs années à climats contrastés, nous avons enregistré une très grande variabilité de comportement des cultures. Des rendements proches ont été obtenus avec des matières sèches maximales, des indices foliaires, des "Leaf Area Duration", des vitesses de mise en place du couvert foliaire... ou des séquences climatiques très différentes.

Le modèle expliquant le rendement par la quantité de rayonnement intercepté pendant la phase de remplissage du grain s'avère être le mieux corrélé à la variabilité des rendements mesurés en culture quelle que soit l'année ou le lieu.

Un essai d'ombrage artificiel réduisant de 40 % l'énergie incidente en post-floraison (PUECH J., 1975), a entraîné une perte de rendement de 36 %. Ce qui confirme l'impact tout particulier de l'énergie reçue pendant le remplissage du grain sur le rendement.

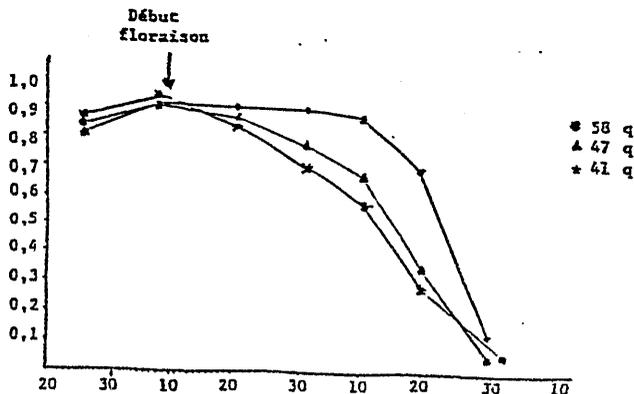
Toutefois, on note encore une certaine dispersion des points dont une part est liée :

- à la difficulté d'apprécier à ± 3 jours près la date de maturité physiologique - l'indice foliaire est encore parfois très élevé (> 2). Une erreur de 3 jours entraîne une sur ou sous estimation de ± 10 %.
- les qualités optiques des feuilles qui jouent sur la quantité de rayonnement absorbé mais ne sont que partiellement prises en compte dans la relation moyenne : indice foliaire \times efficacité d'interception.
- en période de stress hydrique, l'inclinaison des feuilles et donc l'efficacité d'interception du couvert varie au cours de la journée. La mesure à une heure donnée ne reflète pas exactement la moyenne.

La généralisation des mesures directes au champ devraient permettre de mieux apprécier l'écart réel par rapport à la courbe de référence et diagnostiquer ainsi des défauts de fonctionnement.

D'après le modèle, on peut espérer atteindre de hauts rendements en agissant sur les paramètres du modèle : durée et vitesse de régression de l'efficacité d'interception du couvert en phase de remplissage du grain.

Des apports d'eau ou eau + N, pendant cette phase, en vue de maintenir une efficacité d'interception des couverts à un optimal le plus longtemps possible, pour intercepter le maximum d'énergie, a permis effectivement, dans certaines conditions de croissance limitée de la surface foliaire en pré-floraison, des rendements très élevés (graphique n° 3).



Evolution de l'efficience d'interception des couverts foliaires pour
3 traitements :

- ★ Témoin
- ▲ 3 irrigations à partir du début floraison
- 3 irrigations à partir du début floraison + 100 U d'N

Evolution of canopies interception efficiency for 3 traitements

- ★ Control
- ▲ Water supply after the beginning of flowering
- Wter and N supply after the beginning of flowering

CONCLUSION

L'activité du couvert foliaire, en tant que capteur d'énergie solaire, en phase de remplissage du grain, apparaît comme essentielle et bien explicative des niveaux de rendement observés dans les parcelles de grande culture.

Il est possible de mieux diagnostiquer l'incidence des techniques culturales : densité, écartement, fumure, en interaction avec le climat et le sol de chaque parcelle en mesurant leur incidence directe ou indirecte sur l'activité du couvert foliaire après la floraison.

Il reste toutefois à bien préciser le niveau des interactions.

BIBLIOGRAPHIE

- BONHOMME R. et al., 1982. Relations entre production de matière sèche aérienne et énergie interceptée par différents génotypes de maïs - C.R. Acad. Sci., Paris, 294, série III, 393-398.
- MERRIEN A., BLANCHET R., 1981 - Relationships between water supply, leaf area index or leaf area duration and production in sunflower.
- PICQ G., 1986 - Méthodes et outils de diagnostic en culture - CETIOM - France - 40 p.
- PIETERS G.A., 1985 - The growth and developpement of helianthus annuus L at three irradiance levels.
XI international sunflower conference. Mar del Plata, 67-72.
- PUECH J. et al, 1975. Effets d'une réduction de l'intensité lumineuse sur la photosynthèse globale d'une culture de tournesol.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 281, série D, 387-390.
- STEER B.T., HOCKING P.J., 1985. The optimum timing of nitrogen application to irrigated sunflower.
XI international sunflower conference. Mar del Plata, 221-226.
- VARLET-GRANCHET, 1982. Analyse du rendement de la conversion de l'énergie solaire par un couvert végétal.
Thèse Dr. Etat, Orsay, n° 2 593, 144 p.
- WAREN-WILSON J. 1981. Analysis of light interception by single Plants.
Ann. Bot. 48. 501-505.