

INFLUENCE DE LA NUTRITION AZOTÉE SUR L'ASSIMILATION NETTE ET LA FORMATION DU RENDEMENT DU TOURNESOL

R. BLANCHET¹, G. CAVALIE², M. PIQUE-
MAL², N. GELFI¹, Y. DUPRAT¹ et E. MAR-
TINEZ²

INTRODUCTION

Les besoins élevés d'azote pendant la phase végétative de tournesol ont été mis en évidence par Coic et al. (1972), qui ont montré les très fortes répercussions de différentes modalités d'alimentation azotée sur le rendement et la composition des graines. Ces modalités sont assez difficiles à prévoir au champ, comme l'ont établi notamment De Cau et al. (1972), Vrebalov et al. (1982), et Hunter (1983) : le tournesol peut en effet utiliser de l'azote minéral présent dans des horizons du sol relativement profonds. La plante est particulièrement sensible au cours de la formation des ébauches florales (Steer et al. 1984 ; Steer et Hocking, 1984), à un stade où le système racinaire n'est pas encore très développé (Maertens et Bosc, 1981). Des apports à cette période peuvent s'avérer très efficaces pour obtenir un nombre d'akènes élevé, tandis que le remplissage des graines est plutôt tributaire de l'alimentation à partir de la floraison (Steer et Hocking, 1985).

Outre ces effets sur la formation des composantes du rendement, la nutrition azotée joue également un rôle important dans le développement et le fonctionnement de l'appareil assimilateur : établissement de la surface foliaire (Radin et Boyer, 1982) ; évolution ontogénique de l'enzyme de carboxylation Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygénase ou Rubisco (Courtiade, 1983). Nous avons toutefois montré (Blanchet et al., 1986) que, lorsque la formation des ébauches florales a été assurée, des rendements semblables pouvaient être obtenus avec des cinétiques très différentes d'assimilation nette, liées à la nutrition azotée.

Nous nous proposons de préciser certains aspects de ces modalités de fonctionnement de la plante et de formation du rendement, à

partir d'une expérimentation agronomique mettant en jeu différents niveaux de fertilisation azotée, accompagnée d'un examen de l'assimilation nette tout le long du cycle de développement.

MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

Le cv. hybride Topflor a été cultivé à 6 plantes/m² sur un sol brun alluvial, limono-argileux, profond, régulièrement fertilisé dans une succession de bonnes cultures céréalières. Quatre doses d'azote, dont la plus élevée couvrirait largement les besoins de la plante, ont été appliquées avant le semis : 0, 80, 160, 320 kg N/ha, avec 3 répétitions (traitements N0, N1, N2, N4). Trois arrosages, débutant quelques jours avant la floraison, ont apporté au total 100 mm d'eau et ont évité toute contrainte hydrique importante. À partir de l'apparition de la 13^e feuille, la surface foliaire a été mesurée tous les 10 jours environ par la méthode de Pouzet et Bugat (1985). Aux stades bouton floral (BF) 1 cm, début floraison et chute des pétales, quatre plantes bien représentatives ont été prélevées dans chaque traitement ; les masses de matière totale et teneurs en azote organique des tiges, feuilles et capitules ont été mesurées, ainsi que la teneur en huile de l'ensemble (capitule + akènes) à la chute des pétales. En appliquant les coefficients indiqués par Penning de Vries et al., (1974), représentant les quantités de glucose nécessaires à la synthèse des principales catégories chimiques de la plante, l'assimilation nette (A.N.) réalisée à chacun des stades a été calculée en équivalent-glucose (besoin de 2,5 g glucose pour la synthèse de 1 g de protéines ; 3 g glucose pour 1 g de lipides ; 1,2 g de glucose pour 1 g de glucides) :

A.N. = 2,5 [composés azotés (N.6,25)] + 3 [lipides graines] + 1,2 [matière sèche totale — (composés azotés + lipides)].

Comme nous l'avons discuté par ailleurs (Blanchet et al., 1982), il s'agit d'une approximation, intéressante au plan agronomique. À la maturité, les mêmes mesures et cal-

¹ INRA — Station d'Agronomie, B.P. 27, 31326 CASTANET-TOLOSAN Cedex — FRANCE.

² Centre de Physiologie Végétale, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 TOULOUSE Cedex — FRANCE.

culs ont été effectués, en isolant les akènes des capitules, sur 10 plantes par traitement.

Aux stades BF3, BF3, début floraison, mi-floraison et chute des pétales, les teneurs en protéines foliaires solubles et en Rubisco (dosage immunochimique) ont été mesurées, ainsi que l'activité carboxylasique de la Rubisco en conditions optimales (essais *in vitro*); le détail des méthodes utilisées a été précédemment décrit (Courtiade, 1983). Ces mesures ont porté sur les limbes de différents étages foliaires : feuilles n° 8—9, 12—13, 18—19 et 22—23, dont les masses surfaciques ont été également déterminées.

Aux mêmes stades, ainsi que pendant le remplissage des graines, la photosynthèse nette des feuilles du sommet du couvert a été mesurée, au cours de journées bien ensoleillées, à l'aide d'une petite chambre comparable à celle de Shimshi (1969), et d'un analyseur infrarouge de CO₂. La quantité de CO₂ fixée est déterminée d'après la différence des teneurs de l'air entre l'entrée et la sortie de la chambre.

À maturité, les capitules de 10 plants-types par traitement ont été examinés selon l'approche de Palmer et Steer (1985), afin d'apprécier l'influence de la nutrition azotée sur la formation des ébauches florales et le nombre de fleurons, puis d'akènes. Nous avons pour cela comptés, dans la zone organisée du capitule, le nombre de «rangées courtes», orientées généralement vers la droite sur la face du capitule, et le nombre moyen d'akènes sur ces rangées. Le nombre d'akènes de la zone centrale, où les rangées sont amalgamées, a ensuite été compté.

Enfin, les rendements agricoles ont été obtenus par récolte à la moissonneuse-batteuse.

RÉSULTATS

1. Surface foliaire et fonctionnement du feuillage

La figure 1 indique l'évolution des surfaces foliaires : celles-ci varient environ du simple au double selon les fumures azotées, jusqu'au début de la floraison. Sous l'effet de l'auto-ombrage (Merrien et al., 1983), la sénescence intervient alors chez les feuilles inférieures des traitements fertilisés, comme le confirme le tableau 1 : la masse surfacique des limbes décroît fortement, tandis qu'elle se maintient beaucoup plus longtemps en NO. Il en résulte qu'à partir de la mi-floraison les indices foliaires sont assez voisins dans les quatre traitements, la sénescence totale la plus tardive survenant en NO.

La figure 2 montre que chez N4 ce sont, à chaque stade, les feuilles les plus jeunes qui

renferment les teneurs les plus élevées en protéines solubles. Cependant, comparativement au traitement NO, la protéolyse s'installe plus précocement notamment dans les grandes feuilles n° 12—13. Ces variations quantitatives sont

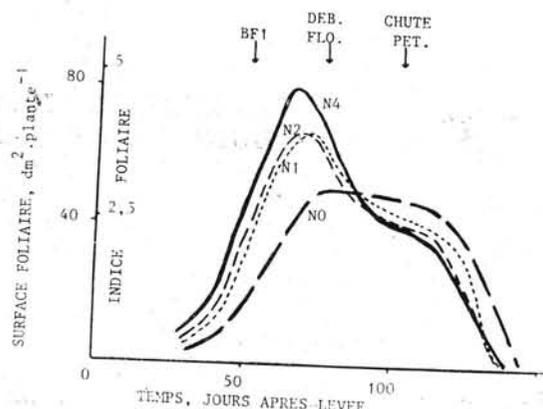


Figure 1 — Evolution des surfaces foliaires au cours du cycle de développement

Tableau 1

Evolution de la masse surfacique des limbes de quelques étages foliaires (matière sèche, g · dm⁻²)

Feuilles n°	Fumure N kg/ha ⁻¹	BF 3 cm	BF 8 cm	Déb. flor.	Mi-flor	Fin flor
8—9	0(N0)	0,36	0,37	0,37	0,31	0,18
	320(N4)	0,35	0,30	0,25	0,21	0,19
12—13	0	0,36	0,42	0,45	0,46	0,43
	320	0,36	0,36	0,32	0,36	0,36
18—23	0		0,45	0,45	0,55	0,63
	320		0,43	0,48	0,56	0,65

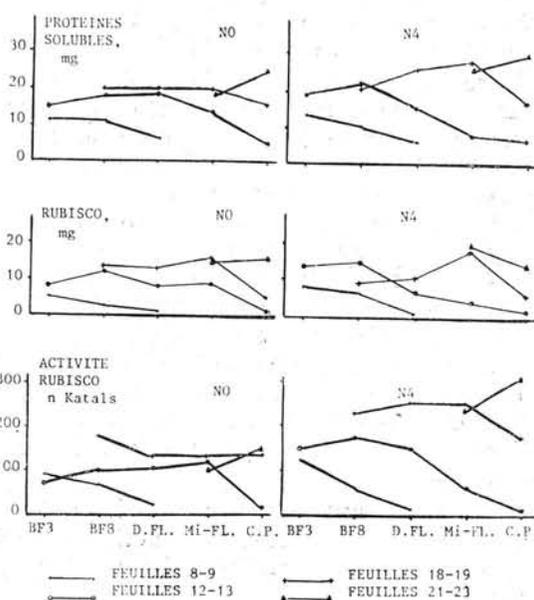


Figure 2 — Evolution des teneurs en protéines solubles et de l'activité Rubisco de différents étages foliaires ; expression par gramme de limbe frais

Evolution de la teneur en azote et de la masse des principaux organes, selon différentes fumures azotées

Traitemente Fumure N, kg/ha ⁻¹	Teneur en N des organes (% M.S.)				Masse de matière sèche des organes g/plante	
	N0 0	N1 80	N2 160	N4 320	N0 0	N4 320
Feuilles vertes, BF 1 cm	3,72	4,29	4,34	5,28	9,5	24,6
Déb. flor.	3,25	3,46	3,54	3,88	54,9	70,8
Chute pét.	2,43	2,23	2,41	3,03	33,7	34,4
Tiges						
BF 1 cm	0,98	1,47	1,59	2,56	13,3	27,8
Déb. flor.	0,67	0,91	1,03	1,42	106,3	119,4
Chute pét.	0,32	0,39	0,73	1,01	92,3	86,9
Capitule+ akènes						
Déb. flor.	3,11	3,02	3,13	3,07	33,6	36,8
Chute pét.	1,97	1,88	2,16	2,29	64,9	62,9

imputables, en très grande partie, à l'évolution des taux de Rubisco. On peut ainsi affirmer que la protéolyse et la protéosynthèse de l'enzyme se propagent différemment de la base vers l'apex selon l'alimentation azotée. Ainsi, la dégradation du biocatalyseur est plus lente et plus progressive dans les grandes feuilles de la partie médiane de NO ; ceci assure à ces plantes le maintien, à un bon niveau, de la teneur en protéines et en enzyme de carboxylation pendant une durée plus longue du cycle de développement.

L'activité carboxylasique potentielle est au total beaucoup plus élevée en N4, avec de très nets relais successifs des divers étages foliaires. Ces relais sont moins marqués en NO, où l'essentiel du feuillage conserve jusqu'à mi-floraison une bonne capacité photosynthétique. A travers le stockage et la redistribution de l'azote entre les divers organes, le métabolisme azoté joue ainsi un rôle essentiel dans la répartition de la capacité photosynthétique entre les étages foliaires.

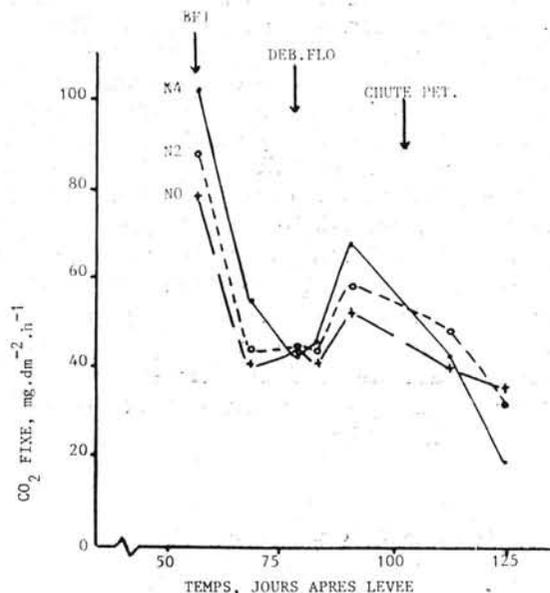


Figure 3 — Evolution au cours du cycle de l'activité photosynthétique des feuilles supérieures bien éclairées

La fixation effective de CO₂ par les étages supérieurs bien éclairés (Figure 3) est très élevée chez les plantes jeunes, puis elle marque une diminution rapide à l'approche de la floraison, époque à laquelle se produit une importante redistribution d'assimilats au profit du capitule (Cheneseau et al., 1985). Une reprise d'activité apparaît ensuite, puis vient le déclin accompagnant la maturation. L'effet favorable de l'alimentation azotée sur l'activité photosynthétique est donc net pendant la plus grande partie du cycle (teneur supérieure en Rubisco...), mais le traitement N4 manifeste une sénescence plus précoce. Remarquons aussi que

la déficience azotée affecte moins la photosynthèse que l'équipement enzymatique ; l'examen détaillé des résultats indique que l'activité spécifique de la Rubisco tend à croître lorsque sa teneur diminue, comme l'a précédemment constaté Courtiade (1983).

Cet ensemble de résultats montre qu'une bonne alimentation azotée accroît fortement les possibilités d'assimilation (surface foliaire, équipement enzymatique), quoique diverses régulations viennent tempérer ce potentiel assimilateur (auto-ombrage, sénescence, activité réelle de la Rubisco).

2. Evolution de la composition des plantes et bilans d'assimilation

Le tableau 2 indique l'évolution de la teneur en azote et de la masse des principaux organes. Les données concernant les feuilles vertes reflètent leurs caractères de surfaces et de teneurs en protéines solubles, examinés ci-dessus : les différences entre traitements sont très fortes en début de cycle (BF1), et très atténuées à la chute des pétales. Les tiges conservent par contre des teneurs en N beaucoup plus variables, sans grandes relations avec leur masse : elles représentent les organes dont la composition est la plus plastique. Par contre, les capitules ne manifestent que peu de différences dans leur masse : ils semblent mobiliser à leur profit les réserves nécessaires provenant de l'appareil végétatif (Cheneseau et al., 1985).

La figure 4 représente l'évolution des quantités d'azote contenues dans les parties aériennes

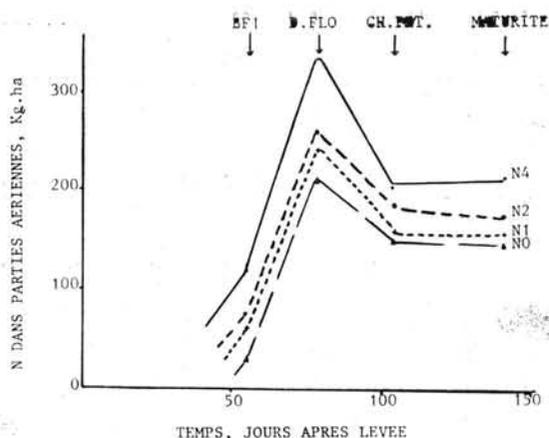


Figure 4 — Quantités d'azote contenues dans les parties aériennes, en fonction du temps

nes. Elles sont très différentes en début de cycle, puis les écarts relatifs s'atténuent, les plantes NO ayant réussi à absorber 200 kg/ha dans ce sol profond favorable au développement racinaire. Dans tous les cas, ces quantités d'azote présentent un maximum à la floraison, suivi d'une perte plus ou moins importante dont nous ignorons les modalités, car il n'y a pas eu de chute de feuilles (lessivages et volatilisations à partir des feuilles, excréations racinaires ?) ; ces pertes interviennent à l'époque de l'appauvrissement des organes végétatifs, dont tous les constituants azotés ainsi libérés ne sont pas dirigés vers le capitule.

La figure 5 indique aux mêmes stades la répartition globale des assimilats entre les organes et le contenu en équivalent-glucose de la plante entière. Entre la floraison et la maturité, le gain net d'assimilation a été faible en N4, où les réserves des akènes semblent s'être largement constituées à partir des tiges et feuilles. Ce gain net est un peu plus marqué en NO, avec une moindre contribution des organes végétatifs au remplissage des akènes. Nous avons montré par ailleurs (Blanchet et al., 1986) que les contributions respectives

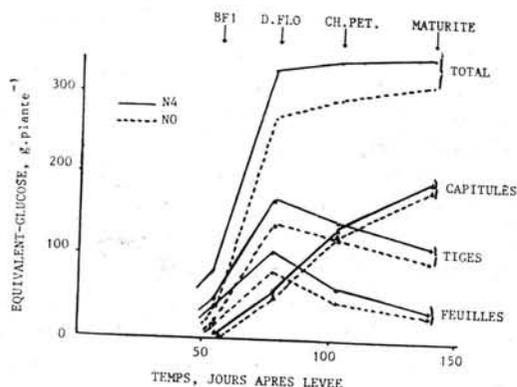


Figure 5 — Equivalent-glucose accumulé dans les divers organes, et dans la plante entière, en fonction du temps

de l'assimilation tardive et des redistributions d'assimilats au remplissage des akènes peuvent être très variables, notamment selon l'alimentation azotée. Il n'en demeure pas moins une importante inconnue quant au devenir des assimilats effectivement élaborés à partir de la floraison, surtout en N4 : les plantes manifestaient à cette époque une photosynthèse nette encore assez élevée (Figure 3), dont on ne retrouve guère les traces dans les organes aériens. Leur participation à la lipidogénèse des graines, actuellement à l'étude, apportera vraisemblablement un élément de réponse à ce problème.

3. Rendements et composantes

À maturité (Tableau 3), on n'observe pas d'effet de la fumure azotée sur les productions de matière sèche totale et d'akènes. L'influence sur le nombre d'akènes est par contre très nette, ce qui correspond bien à la forte différenciation provoquée par les traitements N aux stades jeunes, notamment pendant la formation des ébauches florales (Steer et al., 1984). Ensuite, les traitements déficitaires en N ont rejoint, en surface foliaire et en assimilation, les traitements N4, et les rendements finaux sont équivalents grâce à un poids moyen des akènes plus élevé chez les faibles fumures N. Pourquoi le poids moyen des akènes est-il relativement faible en N2-N4, alors que les photosynthétats semblent avoir été incomplètement utilisés à cette époque (cf. paragraphe précédent) ? Nous n'avons guère de réponse à cette question, si ce n'est le défaut de vascularisation du capitule, qui ne permet pas de bien alimenter un grand nombre d'akènes (Durrieu et al., 1985).

Tableau 3

Rendements, composantes et composition des graines (récolte moissonneuse-batteuse).

Fumure N kg/ha ⁻¹	Matière sèche totale q/ha ⁻¹	Rendement akènes q/ha ⁻¹	Nombre akènes/plante	Poids 1 000 akènes (g)	Teneur huile (%)	Teneur protéines (%)
0	121 a	38,0 a	1 175 a	49,2 a	55,5 a	17,7 a
80	123 a	39,3 a	1 295 ab	46,1 b	55,6 a	18,4 ab
160	115 a	39,6 a	1 375 c	43,3 c	55,2 a	19,0 b
320	117 a	38,6 a	1 350 bc	43,4 c	54,3 b	20,2 c

a, b, c : différences significatives, test Duncan 5 %

La fumure azotée a peu d'influence sur la teneur en huile, mais augmente nettement la teneur en protéines. Rappelons toutefois qu'il y a eu pertes de N après la floraison dans tous les traitements (Figure 4), et par conséquent la remobilisation des composés azotés des organes végétatifs au profit des akènes n'a été que

Tableau 4

Détail du nombre d'akènes par capitule, d'après l'examen des raies de plantes-types.

Apport d'N, kg/ha ⁻¹	0	80	160	320
Surface totale du capitule (cm ²)	196 a	224 a	211 a	209 a
zone organisée (cm ²)	160 a	189 a	179 a	171 a
zone amalgamée (cm ²)	36 a	35 a	32 a	38 a
Zone organisée :				
nombre de petites raies	88,6 a	88,8 a	92,0 a	83,3 a
nombre d'akènes par raie	12,0 a	15,8 b	14,5 b	15,5 b
nombre d'ébauches florales (potentiel)	1063 a	1403 b	1334 b	1369 b
nombre réel d'akènes	925 a	1168 b	1156 b	1149 b
poids moyen des akènes (mg)	51,7 a	47,9 b	43,7 b	45,3 b
Zone amalgamée :				
nombre d'akènes normaux	259 a	234 a	195 a	201 a
poids moyen (mg)	38,9 a	35,0 ab	34,9 b	34,3 b

a, b, c : différences significatives, test Duncan 5 %

partielle, même dans les cas de faibles fumures et de teneur en protéines des graines peu élevée.

L'examen du nombre d'akènes selon la méthode de Palmer et Steer (1985) précise les répercussions de la déficience azotée aux stades jeunes (Tableau 4). Dans la zone organisée du capitule, il n'y a pas de variation notable du nombre de petites raies, mais par contre une nette diminution de la quantité d'akènes par raie en NO, apparemment due à une moindre formation d'ébauches florales. Ces akènes moins nombreux ont été ensuite mieux remplis. La zone centrale amalgamée représente une faible proportion du rendement total ; les akènes y semblent un peu plus nombreux et mieux remplis en NO, reflétant probablement le rattrapage progressif de ce traitement au fur et à mesure de l'avancement du cycle.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Cette expérience met en évidence plusieurs faits concernant l'influence de la nutrition azotée sur l'assimilation nette et la formation du rendement ; elle soulève aussi des inconnues, et des hypothèses. On peut tenter de résumer ainsi les faits établis :

— La nutrition azotée exerce une très forte influence sur l'établissement de la surface foliaire, et sur la capacité d'assimilation de la plante jeune, notamment sur son équipement enzymatique. Une alimentation azotée abondante provoque un fort développement végétatif, qui n'est pas indispensable dans les conditions de peuplement étudiées. L'auto-ombrage conduit en effet à la sénescence des feuilles

inférieures et à une sorte de gaspillage de ce potentiel assimilateur, tandis qu'un indice foliaire modéré permet un fonctionnement plus continu et régulier du feuillage. Il est à noter qu'un indice foliaire de 3 a permis ici un rendement de 38 q/ha, en l'absence de contrainte hydrique ; toutefois, ce résultat n'aurait sans doute pas été atteint si la sécheresse avait handicapé le remplissage des akènes, dans lequel l'alimentation hydrique joue un rôle déterminant (Merrien et al., 1981).

— Une bonne alimentation azotée est indispensable à la formation d'un nombre élevé d'ébauches florales, puis de fleurons et d'akènes. Le besoin quantitatif d'azote n'est cependant pas très élevé (de l'ordre de 60 kg/ha absorbés avant BF 1 cm), et il est prudent de le couvrir largement par la fertilisation ; en effet, aux stades jeunes le système racinaire explore encore peu le sous-sol (Steer et Hocking, 1985). Ensuite, l'alimentation azotée dépend beaucoup du profil et de l'histoire culturale du sol, le tournesol étant capable de bien utiliser les reliquats de cultures précédentes (Vrebalov et al., 1982 ; Blanchet et al., 1985). Cela a permis le processus de rattrapage progressif qui s'est manifesté ici dans le traitement NO.

— A l'approche de la floraison, des composés azotés et d'autres assimilats sont redistribués au profit du capitule ; la tige et les feuilles inférieures sont appauvries, et les nouveaux assimilats sont principalement dirigés vers l'inflorescence (Chenesseau et al., 1985). La lipidogénèse, très exigeante en énergie (Cupina et al., 1985) se développe alors ; elle semble faire appel, en proportions variables selon l'ampleur de l'appareil végétatif, à l'assimilation post-floraison et aux redistributions d'assimilats provenant des tiges et feuilles. Les protéines des akènes se constituent surtout à partir de redistributions de composés azotés. Le poids moyen des akènes apparaît d'autant moins élevé qu'ils sont plus nombreux, sans que la source d'assimilats soit ici limitante dans les forts traitements N : c'est plutôt le transfert de ces assimilats aux akènes qui paraît limitant (Durrieu et al., 1985).

C'est dans ce fonctionnement de la plante à partir de la floraison qu'apparaissent les principales inconnues, et les hypothèses possibles. Nous avons déjà observé dans d'autres expériences les pertes de N total signalées ci-dessus, dans des conditions où le lessivage des feuilles était impossible car les plantes étaient protégées de la pluie (Blanchet et al., 1986). Il y a donc là un problème à élucider. Il en est de même du devenir des assimilats élaborés en période de remplissage des akènes chez les plantes les plus vigoureuses (N4). La capacité de transfert aux organes receveurs (akènes) paraissant limitante, il semblerait logique de rechercher soit une meilleure vascu-

larisation des capitules, soit des capitules plus nombreux et portant moins d'akènes chacun (plantes supportant des peuplements plus denses sans verse, ou pluricapités).

La capacité d'assimilation du tournesol, très liée à une alimentation azotée suffisante et régulière, est en effet très élevée, et elle ne semble pas pleinement exploitée dans les conditions courantes de culture.

Remerciements. Nous remercions le Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains et la Société Interprofessionnelle des Oléagineux de leur soutien technique et financier à ces recherches, ainsi que nos collègues (M. Bosc, J. Laurent, C. Lari-gaudière et N. Bosc) qui ont participé activement à ce travail.

REFERENCES

- Blanchet R., Merrien A., Gelfi N., Cavallie G., Courtiade B., Puech J., 1982, *Estimation et évolution comparée de l'assimilation nette de couverts de maïs, tournesol et soja au cours de leurs cycles de développement*. Agronomie, 2, 149—154.
- Blanchet R., Gelfi N., Dufourcq D., Hernandez M., Decau J., 1985, *Nutrition azotée et élaboration du rendement du tournesol (Helianthus annuus L.)*. Agrochimia (sous presse).
- Blanchet R., Gelfi N., Piquemal M., Amiel C., 1986, *Influence de l'alimentation azotée sur l'évolution de l'assimilation nette au cours du cycle de développement du tournesol (Helianthus annuus L.)*. C. R. Acad. Sc. Paris, 302, III, 171—176.
- Cheneseau A. C., Piquemal M., Borderies G., Merrien A., Cavallie G., 1985, *Transferts de photosynthétats chez le tournesol*. Actas XI Conf. Intern. Girasol, Mar del Plata (Argentine) I, 51—56.
- Coic Y., Tendille C., Lesaint C., 1972, *La nutrition azotée du tournesol (Helianthus annuus): action sur le rendement et la composition biochimique de la graine*. Agrochimica, 16, 254—263.
- Courtiade B., 1983, *La ribulose biphosphate carboxylase oxygénase du tournesol: dosage et évolution ontogénique*. Thèse Spéc. Univ. P. Sabatier, Toulouse, 63 p.
- Cupina T., Plesnicar M., Tomasevic M., 1984, *Energy accumulation and utilization in sunflower lines*. Helia, 7, 55—59.
- Decau J., Lencrerot P., Pujol B., 1972, *Essai d'application au champ de données physiologiques relatives à l'influence de l'alimentation azotée sur la composition protéique de la graine de tournesol*. C. R. Acad. Sc. Paris, D, 275, 1231—1234.
- Durrieu G., Percie du Sert C., Merrien A., 1985, *Anatomie du capitule de tournesol, conséquences sur la nutrition des akènes*. Actas XI Conf. Intern. Girasol, Mar del Plata (Argentine), I, 7—12.
- Hunter M. N., 1985, *A review of seven papers regarding sunflower nutrition*. Sunflower Newsletter, 6, 14—20.
- Maertens C., Bosc M., 1981, *Etude de l'évolution l'enracinement du tournesol*. Informations Techniques CETIOM, 73, 3—10.
- Merrien A., Blanchet R., Gelfi N., 1981, *Relationships between water supply, leaf area development and survival and production in sunflower*. Agronomie, 1, 917—922.
- Merrien A., Blanchet R., Gelfi N., 1983, *Rôles des relations sources-puits et de la compétition intraspécifique dans l'évolution de l'activité assimilatrice du tournesol au cours de son cycle de développement*. Agronomie, 3, 1045—1051.
- Palmer J. H., Steer B. T., 1985, *Use of the generative area and other inflorescence characters to predict floret and seed number in the sunflower*. XI Conf. Intern. Tournesol, Mar del Plata, Argentine, I, 1—6.
- Penning de Vries F.W.T., Brunstig A.H.M., Van Laar H. H., 1974, *Products, requirements and efficiency of biosynthesis: a quantitative approach*. J. Theor. Biol., 45, 339—377.
- Pouzet A., Bugat F., 1985, *Description d'une méthode simple et rapide pour l'estimation de la surface foliaire par plante chez la tournesol*. Actas XI Conf. Intern. Girasol. Mar del Plata (Argentine), I, 21—26.
- Radin J. W., Boyer T. S., 1982, *Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower*. Plant Physiol, 69, 771—775.
- Shimshi D., 1969, *A rapid field method of measuring photosynthesis with labelled carbon dioxide*. Is. J. Bot., 20, 381—401.
- Steer B. T., Hocking P. J., Kortt A. A., Roxburgh C. M., 1984, *Nitrogen nutrition of sunflower (Helianthus annuus L.): yield components, the timing of their establishment and seed characteristics in response to nitrogen supply*. Field Crop. Res., 9, 219—236.
- Steer B. T., Hocking P. J. 1984, *Nitrogen nutrition of sunflower (Helianthus annuus L.): acquisition and partitioning of dry matter and nitrogen by vegetative organs and their relationship to seed yield*. Field Crops Res., 9, 237—251.
- Steer B. T., Hocking P. T., 1985, *The optimum timing of nitrogen application to irrigated sunflowers*. Actas XI Conf. Intern. Girasol, Mar del Plata, (Argentine), I, 221—226.
- Vrebalov T., Rajkivic Z., Bogdanovic D., 1982, *Studies on uptake of soil and fertilizer nitrogen by sunflower using 15 N technics*. Paradise (Australie), 86—87.

THE INFLUENCE OF NITROGEN NUTRITION ON NET ASSIMILATION AND YIELD FORMATION IN SUNFLOWER

Summary

The influence of nitrogen nutrition on net assimilation and yield formation is studied with cv. hybrid Topflor in the field, on a deep soil with increasing N supplies (0, 80, 160, 320 kg N/ha). The leaf area development, soluble protein content and carboxylase activity of the young leaves are very sensible to nitrogen nutrition, but proteolysis and senescence happen earlier in lower leaves of the high N treatments. The uptake of soil nitrogen also happens, and leaf area index and photosynthetic activities of all treatments become comparable during achene filling. Some assimilates are redistributed from stems and leaves to seeds, but all N present in shoots at flowering is not refound at maturity, and the destination of late assimilates is not always clear.

The nitrogen deficiency clearly reduces the number of achenes, probably by a reduction of the number of floret primordia, but through a progressive recovery of assimilation these achenes are here better filled, and there is no effect on final yield, elaborated with different components. The high assimilative potential of the well N supplied plants does not appear fully used, and some hypothesis perhaps allowing a better use are suggested.

LA INFLUENCIA DE LA ALIMENTACION
NITROGENADA SOBRE LA ASIMILACION
NETA Y LA FORMACION DEL RENDIMIENTO
DEL GIRASOL

Resumen

La influencia de la alimentacion nitrogenada sobre la asimilacion neta y la formacion del rendimiento fué estudiada en el campo en el cv. hibridos Top-flor, en un suelo profundo, examinando los efectos de dosis crecientes de nitrogeno (0, 80, 160 y 320 kg/ha). El establecimiento de la superficie fo-

liar, el contenido en proteinas solubles y la actividad carboxilasica de las hojas son muy sensibles a la alimentacion N, pero la proteolisis y la senescencia son mas precoces en las hojas inferiores de los tratamientos fuertes en nitrogeno. Teniendo en cuenta la absorcion del suelo, los indices foliares y las actividades fotosinteticas llegan a ser comparables durante el llenado de los aquenios. Algunos asimilados son redistribuides desde los tallos y las hojas hacia los granos sin que todo el nitrogeno presente en la floracion en las partes aereas sea reencontrado en la madurez; el destino de los asimilados elaborados tardiamente no es siempre clara.

La deficiencia nitrogenada reduce netamente el numero de aquenios, probablemente por una reduccion del numero de primordios florales, pero gracias a una recuperacion progresiva de la asimilacion, esis aquenios son, entonces, mejor llenados y no se presenta efecto sobre el tendimiento final, elaborado con compuestos diferentes. El alto potencial asimilador de los tratamientos fuertes en N, aparece plenamente utilizado y se sugieren, algunas hipotesis que puedan conducir a una mejor utilizacion de este elemento.