

IMPACT DE LA FERTILISATION SOUFREE SUR LA TENEUR  
EN GLUCOSINOLATES DES GRAINES CHEZ LE COLZA:  
CONSEQUENCES AGRONOMIQUES.

A. MERRIEN, D. RIBAILLIER,  
P. AGBO et J. DEVINEAU  
CETIOM  
174 Avenue Victor Hugo  
75116 PARIS FRANCE.

RESUME:

L'intérêt de la fertilisation soufrée pour la production quantitative chez le colza d'hiver a amené les auteurs à contrôler les effets sur la qualité de la graine et ceci selon la nature du cultivar soit "0" soit "00". Après avoir tracé les cinétiques d'accumulation des glucosinolates et mis en évidence un pic bien avant la date de maturité, les auteurs montrent au cours de leurs expérimentations un accroissement significatif de la teneur en composés soufrés dans la graine. Cet accroissement est particulièrement net pour les parcelles ayant reçues des fertilisations soufrées supérieures à 100 unités de S03 au moment de la reprise de végétation. Les auteurs rappellent que si des apports de soufre de 75 unités de S03 permettent d'obtenir en moyenne des gains de rendement de 3.5 quintaux 8 années sur 10, il ne convient en aucun cas de dépasser cette dose sous peine d'altérer la production qualitative. Ils conseillent en outre de bien analyser la disponibilité en soufre pour la culture, notamment dans le cadre des expérimentations variétales devant statuer sur les performances qualitatives des cultivars.

1. INTRODUCTION:

Les travaux réalisés dans le domaine de la nutrition de la plante (Janzen et Bettany 1984, Studer et Al, 1987) ont montré que le colza (Brassica Napus L. var. oleifera) avait des besoins en soufre élevés. C'est ainsi que pour un objectif de rendement de 30 q/ha, les besoins de la plante se situent aux environs de 180 unités de S03. Les premières données comparant les besoins des cultivars "simple zéro" par rapport aux cultivars "double zéro" ne permettent pas de mettre en évidence de différences. L'essentiel de l'absorption se fait entre la phase de reprise de végétation et la phase floraison. C'est également dans cette période que les risques d'apparition de carences sont les plus grands.

Les expérimentations réalisées en France (Merrien, 1987), montrent que la fertilisation soufrée du colza au printemps (75 unités de S03 appliquées lors de la reprise de végétation) conduisent à des gains de rendement moyen de 3.5 quintaux, et ceci avec une fréquence de 8 années sur 10.

La prise en compte dans les prochaines années de la teneur en glucosinolates des graines et les normes qui seront imposées concernant cette teneur (< à 20 micromoles sur graine entière à 7%

d'humidité) conduisent aujourd'hui à s'interroger sur l'impact éventuel de l'alimentation soufrée de la plante sur cette teneur, notamment pour les parcelles faisant l'objet d'une fertilisation soufrée.

## 2. MATERIELS ET METHODES:

Durant deux années (1984 et 1985), nous avons comparé la réponse à la fertilisation soufrée de cultivars "0" ( Jet Neuf et Bienvenu) par rapport à celle de cultivars "00" ( Tandem et Darmor).

Les conditions de réalisation de ces essais ont été décrites par ailleurs (CETIOM, 1984). Ils ont été réalisés sur sols argilo-calcaires (51% de calcaire), à taux de matière organique élevé (4%) et peu profonds. Les apports d'azote ont avoisiné pour les deux années consécutives 250 unités, avec une très faible part à l'automne (20 u.).

Les 4 traitements retenus étaient les suivants:

- Témoin ne recevant pas de sulfates
- Apport de 100 u. de S03 au stade C2
- Apport de 100 u. de S03 au stade C2 et 50 u. de S03 au tout début de la montaison (D1)
- Apport de 100 u. de S03 au stade C2 et 100 u. de S03 à (D1).

Les apports ont été effectués sous la forme de Super 18 contenant 27,5% de S03.

Sur tous ces essais, les cinétiques d'accumulation de la matière sèche et des quantités totales de soufre ont été suivies par prélèvements de placettes aux principales étapes du cycle de développement de la plante ( Studer et Al, 1987).

En vue de suivre l'évolution des caractéristiques de la graine au cours de son développement, des plantes ont été prélevées hebdomadairement sur l'expérimentation réalisée en 1985 dès la fin de la floraison et les siliques isolées. Dès que possible, les graines ont été séparées et nous avons déterminé l'humidité et la teneur en huile par la méthode de Résonnance Magnétique Nucléaire. Sur un échantillon de chaque prélèvement, après séchage très doux, les principaux glucosinolates ont été déterminés par la méthode de Thies (1980). Pour des questions d'uniformité, nous avons convenu d'exprimer ces résultats en micromoles par gramme de tourteau déshuilé ( $\mu\text{moles/g MSD}$ ).

## 3. RÉSULTATS:

### 3.1. Evolution des caractéristiques de la graine au cours de la maturation.

Il n'apparaît pas de différence au niveau de l'évolution de la teneur en matière sèche de la graine ni entre les traitements ni entre les variétés; ceci peut surprendre un peu compte tenu de la légère précocité de Jet Neuf comparée à Darmor.

Il n'apparaît pas clairement de différence entre les traitements ni entre les variétés concernant un éventuel effet de la fertilisation soufrée sur la teneur en huile des graines (exprimée en % de la

matière sèche) ( cf Figure 1). Ces fortes variations peuvent être attribuées à l'échantillonnage.

Par contre les cinétiques révèlent une phase rapide d'accumulation de l'huile dans la graine. La teneur semble acquise dès la dernière décade de juin, soit au stade G3/G4. On notera un léger décalage pour la variété Darmor. Au delà de cette date, l'accumulation d'huile se poursuit, mais elle se produit de paire avec l'augmentation du poids de 1000 graines et la teneur qui en résulte semble constante.

Au niveau de l'accumulation des glucosinolates ( cf Figure 2), il apparaît en premier lieu une tendance à l'augmentation de la teneur sous l'influence de la fertilisation soufrée; nous reviendrons sur cet effet dans la seconde partie de ce travail.

Pour le cv Jet Neuf, on note sur la figure 2 que la teneur passe par un maximum, qui semble coïncider avec celui de la teneur en matière grasse. Plus surprenant s'avère la décroissance de cette teneur au fur et à mesure de la maturation des graines. La remontée de ces teneurs quelques jours avant la récolte ne paraît pas significative.

Pour le cv Darmor, non seulement les teneurs sont nettement plus basses, chose normale pour cette variété "00", mais on n'observe pas de variation importante au cours de la phase de maturation, si ce n'est quelques jours avant récolte, où l'effet de la fertilisation soufrée semble se faire sentir. Ceci rejoint parfaitement les résultats acquis par Studer (1987) et qui montrent que la principale différence entre les variétés "0" et "00" provient pour les premières d'un métabolisme soufré actif au niveau des graines elles-mêmes, alors que pour les secondes, ce métabolisme se trouve bloqué au niveau des enveloppes des siliques et n'affecte pratiquement pas la graine.

### 3.2. Impact de la fertilisation soufrée sur la teneur en glucosinolates.

Les résultats obtenus au cours de la première année expérimentale figurent dans le tableau 1. L'analyse de variance confirme l'effet hautement significatif des facteurs "variété" et "traitement" sur la qualité de la graine, puisque 200 u. de S03 accroissent la teneur en glucosinolates de 66%. L'interaction variété\*traitement est également hautement significative: on voit en effet que la fertilisation soufrée accroît de 60% la teneur chez Bienvenu, alors qu'elle peut doubler pour le cv Tandem.

Ces résultats sont confirmés en 1985 ( Tableau n°2 A). Les seules distinctions sont l'absence de différences significatives entre le témoin et la première dose de soufre (100 u. de S03). De plus, il n'apparaît pas d'interaction significative. Parmi les glucosinolates contribuant à cet effet, on notera la progoitrine et dans une moindre mesure celle de la gluconapine. Dans une seconde expérimentation réalisée la même année ( Tableau n°2 B), on a pu noter le même résultat. On doit cependant déplorer dans cet essai l'absence de témoin sans fumure soufrée.

## 4. DISCUSSIONS ET CONCLUSION:

Cette étude met en évidence un certain nombre de faits nouveaux concernant la qualité des produits de la récolte chez le colza et l'impact de la fertilisation soufrée sur cette qualité.

En premier lieu, on retrouve les différences entre cultivars au

niveau des teneurs en glucosinolates; plus originales s'avèrent les différences dans les cinétiques d'accumulation. Elles passent par un maximum chez le cv Jet Neuf, puis diminuent ensuite, alors qu'elles restent stables chez Darmor, révélant sans doute une accumulation dépendant uniquement de l'augmentation du poids de la graine. Chez Jet Neuf par contre, on montre nettement l'existence d'un métabolisme soufré actif au niveau de la graine.

A la récolte et pour les trois expérimentations présentées, il apparaît clairement que la fertilisation soufrée augmente la teneur en glucosinolates des graines. Ceci est également rapporté par Josefsson (1970), qui souligne non seulement l'impact des sulfates sur la teneur en glucosinolates des graines mais aussi sur la teneur en acides aminés soufrés. Cette augmentation ne serait néanmoins significative que pour les fertilisations supérieures à 100 unités de S03. L'analyse des rendements sur les expérimentations relatées ici ne permet pas de conclure à l'intérêt des apports de soufre, puisque 2 essais sur 3 n'apportent pas de gain de rendement. On rappellera néanmoins que ces expérimentations ont été faites sur des terres à forte teneur en matière organique et donc avec un réservoir important au niveau du soufre total présent dans le sol.

Les contrôles actuellement entrepris pour confirmer l'effet de ces apports excessifs de soufre sur une parcelle de colza prendront en compte les formes de glucosinolates indoliques. En effet, elles peuvent représenter jusqu'à 20 % des glucosinolates totaux chez les variétés "00".

La compilation des expérimentations depuis 5 ans réalisées pour la France entière (110 essais) a montré tout l'intérêt d'un apport de soufre, mais en quantité modérée et ne devant en aucun cas dépasser la dose de 75 u. de S03 à la reprise de végétation. L'objectif de cet apport étant uniquement de satisfaire la demande de la plante à une période où l'offre est encore très faible. Dans ces conditions, l'espérance d'un gain de rendement est d'environ 3.5 q exprimés en Grain Propre et Sec (G.P.S) et ceci avec une fréquence de 8 années sur 10 (Merrien, 1987). Ces précautions étant prises, l'impact de la fertilisation S sur la qualité finale du tourteau restera faible.

Il convient également de porter une attention toute particulière aux expérimentations variétales devant statuer sur les performances qualitatives des cultivars de colza.

Enfin, il sera nécessaire de prendre en compte la succession des cultures sur une même parcelle, surtout à un moment où l'on redécouvre l'importance de la fertilisation soufrée sur la qualité de la récolte des blés (teneurs en protéines soufrées) mais également, compte tenu de l'application dans les années prochaines d'une norme définissant la variété comme "simple 0" ou "double 0", le risque pour un cultivar "00" à la limite de cette norme d'être classé "0" et donc de voir son prix s'effondrer.

#### BIBLIOGRAPHIE:

- CETIOM, 1984 : Rapport d'activité Agronomie p 72-88.
- JANZEN H.H., BETTANY J.R. 1984: Sulfur nutrition of rapseed: I. Influence of fertilizer nitrogen and sulfur rates. Soil Sci. Soc. Am. Vol. 48, p.100-112.

- JOSEFSSON E. 1970 : Glucosinolates content and amino acid composition of rapeseed meal as affected by sulfur and nitrogen nutrition. J.Sci. Ed. Agric Vol. 21 p.98-103.
- MERRIEN A. 1987: Aspects agronomiques de l'utilisation du soufre minéral sur colza d'hiver. C.R. Symposium Intern. sur le Soufre Élémentaire en Agriculture. Nice- FRANCE- 25/27 mars 87.(en cours de publication).
- STUDER R., MERRIEN A., DEVINEAU J., 1987: Données nouvelles sur l'absorption du soufre par le colza d'hiver en champagne berrichonne. C.R. Ac. Agric. (en cours de publication).
- THIES W, 1980 : Analysis of glucosinolates via "on column" desulfation. C.R. Symposium on Analytical chemistry of rapeseed and its products. Winnipeg-Canada .

TABLEAU n°1      IMPACT DE LA FERTILISATION SOUFREE  
SUR LA TENEUR EN GLUCOSINOLATES (G.L.S.)  
(EXP. 1984)

| FACTEUR                         | TENEUR EN G.L.S.<br>( $\mu$ moles/g de MSD) | RENDEMENT<br>Q/HA |
|---------------------------------|---------------------------------------------|-------------------|
| Variété                         |                                             |                   |
| BIENVENU                        | 110,4    **                                 | 30,6    *         |
| TANDEM                          | 47,3                                        | 28,1              |
| Traitement                      |                                             |                   |
| TEMOIN                          | 58,3    **                                  | 29,4              |
| 100u SO <sub>3</sub> C2         | 80,7                                        | 29,7              |
| 100u C2+50u D1                  | 88,7                                        | 29,5    NS        |
| 100u C2+100u D1                 | 87,2                                        | 28,7              |
| Interaction                     |                                             |                   |
| BIENVENU * T1                   | 76,2    **                                  | NS                |
| BIENVENU * 100u SO <sub>3</sub> | 116,1                                       |                   |
| BIENVENU * 150u SO <sub>3</sub> | 126,8                                       |                   |
| BIENVENU * 200u SO <sub>3</sub> | 122,7                                       |                   |
| TANDEM * T1                     | 41,5                                        |                   |
| TANDEM * 100u SO <sub>3</sub>   | 45,3                                        |                   |
| TANDEM * 150u SO <sub>3</sub>   | 50,5                                        |                   |
| TANDEM * 200u SO <sub>3</sub>   | 51,7                                        |                   |

NS: non significatif

\*:significatif à 5%

\*\*:significatif à 1%

TABLEAU n°2B IMPACT DE LA FERTILISATION SOUFREE SUR  
LA TENEUR EN GLUCOSINOLATES (EXP. 1985)

| FACTEURS            | RENDEMENT<br>Q/HA GPS | P1000ar | GNA<br>( $\mu$ moles/q de tourteau deshuilé sec) | GNB         | PRO          | GNL         | TOTAL         |
|---------------------|-----------------------|---------|--------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| DARMOR              | 40,6                  | 4,2     | 7 b                                              | 3,1 b       | 26,6 b       | 1,5 b       | 38,7 b        |
| JET NEUF            | 36,5<br>**            | 4,5     | 29,7 b<br>**                                     | 7,9 a<br>** | 90,8 a<br>** | 5,2 a<br>** | 133,7 a<br>** |
| 100u SO3            | 38,7                  | 4,4     | 16,1 c                                           | 4,9 b       | 53,4 b       | 2,9         | 77,3 b        |
| 150u SO3            | 38,4                  | 4,4     | 18,9 ab                                          | 5,6 b       | 58,8 ab      | 3,6         | 86,9 ab       |
| 200u SO3            | 38,7                  | 4,4     | 21 a<br>**                                       | 5,9 a<br>*  | 63,9 a<br>** | 3,7         | 94,4 a<br>**  |
| DARMOR * 100u SO3   | 40,5                  | 4,2     | 6,6                                              | 2,9         | 23,4         | 1,1         | 34            |
| DARMOR * 150u SO3   | 40,2                  | 4,2     | 7,8                                              | 3,2         | 27,3         | 1,6         | 40            |
| DARMOR * 200u SO3   | 41,3                  | 4,2     | 8,4                                              | 3,2         | 28,9         | 1,7         | 41,9          |
| JET NEUF * 100u SO3 | 36,8                  | 4,6     | 25,6                                             | 7,1         | 83,2         | 4,7         | 120,6         |
| JET NEUF * 150u SO3 | 36,6                  | 4,5     | 29,9                                             | 8,1         | 90,4         | 5,3         | 133,7         |
| JET NEUF * 200u SO3 | 36                    | 4,5     | 33,7                                             | 8,6         | 98,9         | 5,7         | 146,8         |

NS: non significatif

\*: significatif à 5%

\*\*: significatif à 1%

a, b: Test de Duncan 5%

GNA: Gluconapine

GNB: Gluco brassicanapine

PRO: Progoitrine

GLN: Gluconapoleiférine

TABLEAU n°2A  
IMPACT DE LA FERTILISATION SOUFREE SUR  
LA TENEUR EN GLUCOSINOLATES (EXP. 1985)

| FACTEURS                                                                               | RENDEMENT<br>Q/HA GPS           | P1000gr                           | GNA<br>(µmoles /g de tour                   | GNB                                         | PRO                                         | GNL                                | TOTAL                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                                                                        |                                 |                                   | teau deshuilé sec)                          |                                             |                                             |                                    |                                              |
| BIENVENU<br>JET NEUF                                                                   | 29,2<br>23,2<br>**              | 4,22<br>4,89<br>*                 | 16,5 a<br>36 b<br>**                        | 3,19 a<br>6,44 b<br>**                      | 55,1 a<br>110,9 b<br>**                     | 1,22 a<br>4,41 b<br>**             | 78,2 a<br>155,4 b<br>**                      |
| TÉMOIN<br>100u SO3<br>150u SO3<br>200u SO3                                             | 24,9<br>26,1<br>26,8<br>27<br>* | 4,69<br>4,53<br>4,48<br>4,51<br>* | 15,7 a<br>16,4 a<br>18,7 ab<br>22,1 b<br>** | 3,81 a<br>4,61 ab<br>5,25 b<br>5,58 b<br>** | 70,6 a<br>79,5 ab<br>89,8 b<br>92,2 b<br>** | 2,21<br>2,52<br>3,28<br>3,25<br>** | 97,6 a<br>111 ab<br>126,9 b<br>131,5 b<br>** |
| BIENVENU * Témoïn<br>BIENVENU * 100u SO3<br>BIENVENU * 150u SO3<br>BIENVENU * 200u SO3 | 27,4<br>28,8<br>30,1<br>30,5    | 4,32<br>4,18<br>4,22<br>4,17      | 11,2<br>12,6<br>14,3<br>15,1                | 2,65<br>2,87<br>3,45<br>3,8                 | 49,7<br>49,7<br>58,5<br>62,7                | ,8<br>1,17<br>1,35<br>1,57         | 68,8<br>70,2<br>83,5<br>90,2                 |
| JET NEUF * Témoïn<br>JET NEUF * 100u SO3<br>JET NEUF * 150u SO3<br>JET NEUF * 200u SO3 | 22,4<br>23,5<br>23,5<br>23,5    | 5,07<br>4,88<br>4,77<br>4,85      | 20,2<br>21,1<br>24,4<br>28,9                | 4,97<br>6,35<br>7,05<br>7,37                | 91,6<br>109,2<br>121,1<br>121,6             | 3,65<br>3,87<br>5,22<br>4,92       | 126,8<br>151,8<br>170,3<br>172,8             |

NS: non significatif

\*: significatif à 5%

\*\* : significatif à 1%

a.b: Test Duncan 5%

GNA: Gluconapine

GBN: Glucobrassicinapine

PRO: Progoitrine

GLN: Gluconapoleiférine

Figure 1: Evolution de la teneur en huile des graines  
au cours de la maturation

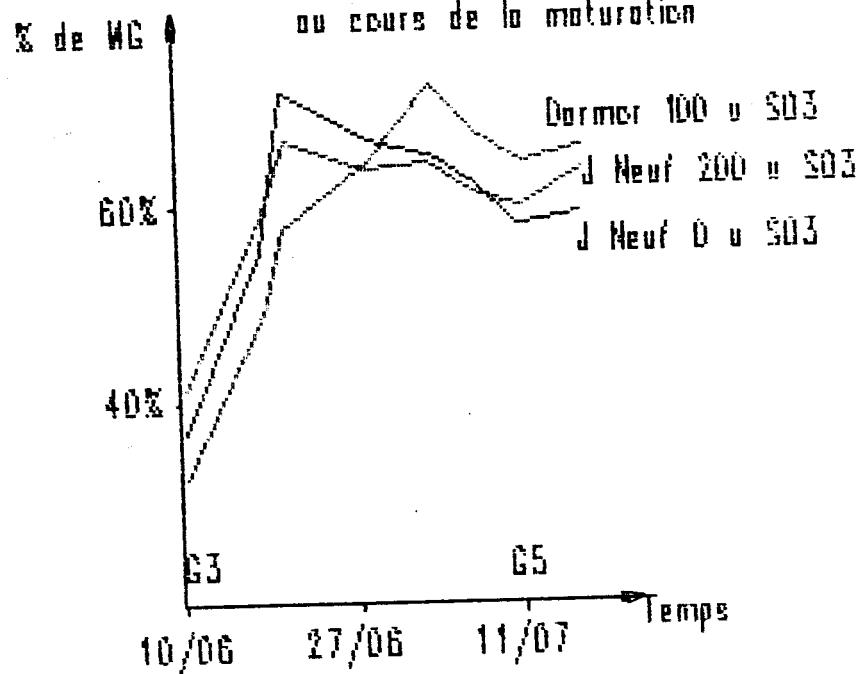


Figure 2 : Evolution de la teneur en glucosinolates  
GLS ( $\mu\text{moles/g WSD}$ ) au cours de la maturation

