

## L'HUILE DE COLZA RICHE EN ACIDE ÉRUCIQUE ET L'HUILE DE COLZA SANS ACIDE ÉRUCIQUE

### II. — UTILISATION DIGESTIVE COMPARÉE CHEZ LE RAT

G. ROCQUELIN, J. LECLERC

avec la collaboration technique de Denise BOCCON

*Station de Recherches sur les Aliments de l'Homme,  
Centre de Recherches agronomiques de Dijon  
Institut national de la Recherche agronomique*

---

#### SOMMAIRE

L'huile de colza dite sans acide érucique produite au Canada à partir de variétés sélectionnées présente, par rapport à l'huile de colza riche en acide érucique, une composition en acides gras profondément modifiée. Les acides érucique (C<sub>22:1</sub>) et gadoléique (C<sub>20:1</sub>) sont remplacés par l'acide oléique (60 p. 100 des acides gras totaux). Les teneurs en acides gras saturés (6 p. 100 environ) et polyinsaturés ne sont par contre que peu affectées.

Cette modification de la composition en acides gras de l'huile entraîne, chez le Rat, une utilisation digestive différente. Le coefficient d'utilisation digestive apparent

$$\frac{\text{lipides ingérés} - \text{lipides excrétés}}{\text{lipides ingérés}} \times 100$$

de l'huile de colza sans acide érucique a été évalué à 95 p. 100 contre 81 p. 100 pour l'huile de colza riche en acide érucique.

Les acides érucique et gadoléique sont les éléments responsables de la moins bonne utilisation digestive de l'huile de colza riche en acide érucique, puisqu'ils représentent 85 p. 100 des acides gras retrouvés dans les fèces.

L'utilisation d'une méthode récente d'extraction des lipides fécaux (TOULLEC *et al.*, 1968) a permis d'aborder le problème de la forme sous laquelle sont éliminés les acides gras non absorbés des huiles de colza et en particulier l'acide érucique.

---

#### INTRODUCTION

Si l'on examine l'ensemble des travaux effectués sur l'utilisation digestive de l'huile de colza (ROCQUELIN et POTTEAU, 1968) on peut en tirer des conclusions apparemment divergentes.

Des études faites sur l'Homme (DEUEL *et al.*, 1949), le Rat (MIDDLETON et CAMPBELL, 1958 ; ALEXANDER et MATTSON, 1966), le Porc (PALOHEIMO et JAHKOLA, 1959) semblent montrer que l'huile de colza a une utilisation digestive élevée et comparable à celle d'autres graisses ou huiles alimentaires (lard, soja). D'autres travaux, par contre (DEUEL, 1948 ; ZIOMBSKI, 1964), mettent en évidence un abaissement de l'utilisation digestive de l'huile de colza (digestibilité de 82 à 85 p. 100 pour l'huile raffinée).

On sait que plusieurs facteurs propres à la matière grasse ou bien liés au régime expérimental ou à l'espèce animale étudiée peuvent modifier l'utilisation digestive des lipides du régime (DEUEL, 1955 ; CARROLL et RICHARDS, 1958 ; THIEULIN, 1968). Parmi ceux-ci, il en existe un certain nombre qui sont particulièrement intéressants pour l'huile de colza et qui peuvent expliquer dans une certaine mesure les différences observées.

### 1. Facteurs propres à l'huile de colza

L'huile de colza renferme 50 à 60 p. 100 d'acides gras monoinsaturés longs (40 à 50 p. 100 d'acide érucique et 10 p. 100 environ d'acide gadoléique ou eicosénoïque). CARROLL (1958) a montré que l'utilisation digestive de ces acides gras était abaissée par rapport à celle d'un acide gras monoinsaturé plus court comme l'acide oléique. BERNHARD *et al.* (1956) et MURRAY *et al.* (1958) retrouvent l'acide érucique en grande partie dans les fèces du Rat : plus de 70 p. 100 des acides gras totaux excrétés. DEUEL (1948) et THOMASSON (1956) étudiant la vitesse d'absorption de plusieurs graisses ou huiles alimentaires ont montré qu'elle était plus faible dans le cas de l'huile de colza que dans le cas de l'huile de soja ou du beurre par exemple.

L'absorption de l'acide érucique serait moins bonne sans que l'on puisse savoir encore avec certitude s'il s'agit là d'une difficulté pour cette molécule à franchir la barrière intestinale malgré une bonne solubilité dans les sels d'acides biliaires conjugués et un point de fusion inférieur à 37°C (SAVARY et CONSTANTIN, 1966) ou d'une tendance pour cet acide gras à former avec certains éléments de la ration, et notamment le calcium (CARROLL et RICHARDS, 1958), des complexes insolubles mal absorbés.

On sait par ailleurs que l'huile de colza riche en acide érucique présente une autre particularité du point de vue de sa structure glycéridique (RUTKOWSKI *et al.*, 1964 ; GRYNBERG *et al.*, 1966). Il a été montré, en effet, que dans les triglycérides de l'huile l'acide érucique occupe préférentiellement les positions 1-3 (externes) sur la molécule de glycérol. Cette propriété peut influencer sur l'utilisation digestive de l'huile de colza comme cela a été montré par ailleurs avec le saindoux (FLANZY *et al.*, 1968) autre matière grasse présentant une structure glycéridique particulière.

### 2. Autres facteurs pouvant modifier l'utilisation digestive de l'huile de colza

Outre l'âge de l'animal, la souche ou l'espèce étudiée qui peuvent affecter l'utilisation digestive de l'huile de colza, il y a également la présence en plus ou moins grandes quantités de certains éléments dans le régime et notamment le calcium. Parmi les travaux ayant mis en évidence cette action du calcium sur l'absorption des matières grasses citons ceux de FLEISCHMAN *et al.*, (1966), YACOWITZ *et al.* (1967) et plus particulièrement ceux de CARROLL et RICHARDS (1958) portant justement

sur l'acide érucique. Il a été montré qu'une dose croissante de calcium dans le régime des rats (0 à 1 p. 100 du régime sec) entraînait une diminution de la digestibilité de l'acide érucique plus marquée que celle constatée avec l'acide oléique par exemple.

Il semble également que les méthodes utilisées pour extraire les lipides fécaux et notamment le choix du (ou des) solvant organique destiné à extraire ces lipides varient sensiblement selon les auteurs, ce qui peut entraîner des modifications importantes dans l'évaluation de l'utilisation digestive des lipides ingérés. Notons à ce sujet les travaux de CARROLL (1958) et TOULLEC *et al.*, (1968) qui ont mis l'accent sur ce sujet.

Grâce enfin aux possibilités de la Génétique, on peut envisager maintenant de sélectionner des variétés de graines oléagineuses dont la composition en acides gras est profondément modifiée. Certaines propriétés nutritionnelles de l'huile extraite de ces graines peuvent, de ce fait, être affectées (ROCQUELIN et CLUZAN, 1968) et notamment son utilisation digestive.

Nous avons donc étudié et comparé chez le Rat l'utilisation digestive de deux types d'huile de colza : l'une riche en acide érucique et l'autre dite sans acide érucique (1). Dans ce but, nous avons choisi des méthodes d'extraction des lipides fécaux qui nous permettaient :

- d'évaluer quantitativement l'utilisation digestive apparente de ces deux huiles ;
- d'aborder l'étude de la nature des acides gras non résorbés et des formes sous lesquelles ces mêmes acides gras sont éliminés dans les fèces.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1. Huiles étudiées

Trois huiles végétales raffinées (2) ont été utilisées pour cette expérience :

- une huile d'arachide (huile de référence),
- une huile de colza riche en acide érucique (*Brassica napus v. oleifera*),
- une huile de colza sans acide érucique (*Brassica napus v. oleifera*).

Les compositions en acides gras de ces trois huiles sont données dans le tableau 1.

### 2. Constitution des lots d'animaux et composition des régimes

Trois lots de 10 rats mâles *Wistar* de même âge et d'un poids moyen de 110 g sont disposés dans des cages à métabolisme individuelles permettant de récolter séparément urines et fèces (CAUSERET, 1954). Les animaux ont accès librement à leur nourriture et à l'eau de boisson.

Les régimes correspondants ne diffèrent que par la nature de l'huile qu'on y incorpore : huile de colza riche en acide érucique, huile de colza sans acide érucique, huile d'arachide. Ils ont la composition suivante (en g p. 100 g de mélange sec (3)) :

(1) Cette huile de colza est produite au Canada à partir de graines de colza (*Brassica napus*) sélectionnées sans acide érucique.

(2) Les deux huiles de colza ont été raffinées dans les mêmes conditions notamment de désodorisation (180°C pendant 3 heures sous une pression résiduelle de 25 à 30 mm de mercure).

(3) Un kg de ce mélange est délayé avec 500 ml d'eau.

|   |    |
|---|----|
| Huile.....                                | 15 |
| Caséine .....                             | 18 |
| Saccharose .....                          | 24 |
| Amidon de froment.....                    | 37 |
| Agar-Agar .....                           | 2  |
| Mélange salin de HUBBEL <i>et al.</i> ... | 4  |
| (apportant 0,9 p. 100 de calcium)         |    |

La composition du mélange vitaminique a été indiquée dans un travail précédent (ROCQUELIN et CLUZAN, 1968).

Deux expériences successives de 7 et 9 jours ont été effectuées sur les mêmes animaux.

Les consommations de nourriture sont mesurées tous les jours et les animaux pesés au début et à la fin de chaque période de bilan.

Les fèces sont récoltées quotidiennement dans des flacons en verre ambré et maintenues à — 15°C jusqu'à leur utilisation pour les dosages.

TABLEAU I

Composition (en p. 100) en acides gras des huiles alimentaires étudiées

| Acides gras identifiés | Arachide | Colza riche en acide érucique | Colza sans acide érucique |
|------------------------|----------|-------------------------------|---------------------------|
| C <sub>16:0</sub>      | 10,0     | 3,1                           | 3,9                       |
| C <sub>18:0</sub>      | 4,0      | 1,1                           | 2,1                       |
| C <sub>18:1</sub>      | 58,2     | 13,8                          | 60,0                      |
| C <sub>16:2</sub>      | 20,5     | 14,5                          | 19,9                      |
| C <sub>18:3</sub>      | —        | 6,4                           | 9,8                       |
| C <sub>20:0</sub>      | 1,8      | 1,0                           | traces                    |
| C <sub>20:1</sub>      | 1,8      | 10,0                          | 1,8                       |
| C <sub>22:0</sub>      | 2,5      | 0,9                           | < 1 p. 100                |
| C <sub>22:1</sub>      | traces   | 44,7                          | 1,9                       |
| C <sub>24:0</sub>      | 1,6      | —                             | < 1 p. 100                |

### 3. Dosage des lipides fécaux

Les fèces sont lyophilisées puis broyées avant d'extraire les lipides. Tous les solvants organiques utilisés pour les extractions ont été redistillés au laboratoire.

Parmi les nombreuses méthodes d'extraction des lipides fécaux déjà existantes, nous avons choisi deux méthodes applicables à froid :

a) La méthode décrite par SAVARY et CONSTANTIN (1966) qui permet, en une seule fois, d'extraire les lipides fécaux totaux c'est-à-dire les lipides solubles dans le chloroforme-méthanol (2/1, v/v) et les acides gras des complexes libérés par action de l'acide formique (ajouté au chloroforme-méthanol à raison de 2 p. 100 du volume de méthanol utilisé). Une hydrolyse à froid (HCl 10 p. 100) du résidu suivie d'une nouvelle extraction au chloroforme-méthanol n'a pas permis d'extraire d'autres lipides.

L'extrait lipidique, après évaporation du chloroforme, est pesé puis saponifié. Après acidification des savons, les acides gras sont extraits à l'éther de pétrole et pesés. Le coefficient d'utilisation digestive apparent (CUD <sup>(1)</sup>) des huiles du régime a été ainsi exprimé de deux manières :

utilisation digestive globale des huiles étudiées ;  
utilisation digestive de chacun des acides gras des huiles.

Les CUD apparents des huiles ingérées ou de leurs acides gras ont été estimés sans tenir compte des lipides d'origine endogène. En ce qui concerne les acides gras, par exemple, nous avons supposé que les acides gras fécaux reconnus identiques aux acides gras des huiles, provenaient uniquement de l'apport exogène.

$$(1) \text{ CUD apparent} = \frac{\text{Lipides (ou ac. gras) ingérés} - \text{lipides (ou ac. gras) excrétés}}{\text{Lipides (ou ac. gras) ingérés}} \times 100.$$

b) L'autre méthode utilisée pour extraire les lipides fécaux est celle décrite par TOULLEC *et al.* (1968). Cette méthode permet d'extraire séparément une fraction lipidique soluble dans le chloroforme-méthanol (FS) et une fraction dite insoluble (FI) obtenue après acidification du résidu (HCl 6 N) qui est repris au chloroforme. Cette fraction contient les acides gras issus de complexes qui ne sont pas extraits par le chloroforme-méthanol.

Chaque fraction est débarrassée du solvant par évaporation sous vide partiel et à température peu élevée (40°C), puis pesée et saponifiée. Les acides gras libérés des savons par acidification sont extraits à l'éther de pétrole puis pesés.

#### 4. Dosage des acides gras ingérés et excrétés (totaux ou fractionnés)

Les acides gras ingérés ou excrétés (totaux ou fractionnés) sont séparés et dosés par chromatographie gaz-liquide, sous forme d'esters méthyliques.

Nous utilisons un appareil Aerograph 1 520 à double colonne équipé de détecteurs à ionisation de flamme d'hydrogène. Les colonnes sont en acier Inox (3 mètres de longueur et 3 mm de diamètre intérieur), remplies de succinate de di-éthylène glycol (10 p. 100 en poids) sur support chromosorb W 60/80 H. M. D. S. ou P 60/80 lavé à l'acide et utilisées en isotherme (185-190°C). L'emploi de colonnes remplies sur support chromosorb P nous a permis de séparer et d'évaluer correctement les acides linoléique (C<sub>18</sub>:2) et gadoléique (C<sub>20</sub>:1) souvent élués ensemble si on utilise le chromosorb W comme support.

Les aires sous les pics sont évaluées à l'aide d'un intégrateur Disc.

En connaissant la teneur (en p. 100) de chaque acide gras dans les lipides alimentaires ou fécaux, il est possible d'estimer le coefficient d'utilisation digestive apparent de chacun d'eux.

#### 5. Dosage du calcium fécal

Les fèces sont minéralisées par voie sèche (525°C durant 12 heures). Les cendres sont reprises par une petite quantité d'acide nitrique à 10 p. 100. La solution est évaporée à sec, reprise par l'acide nitrique et ajustée à 100 ml. Le dosage du calcium s'effectue alors au spectrophotomètre de flamme Eppendorf.

## RÉSULTATS

L'estimation des lipides fécaux (totaux ou fractionnés) a d'abord été faite sur un pool des fèces de 10 rats par lot pour ce qui est de la première expérience (7 jours) et ce dans le but de tester les différentes méthodes utilisées.

La deuxième expérience (9 jours) a été exploitée rat par rat.

#### 1. Utilisation digestive globale du régime et digestibilité des huiles étudiées (tabl. 2)

On peut remarquer les points suivants :

Il n'y a pas de différence significative de consommation de nourriture, quel que soit le lot considéré mais l'excrétion fécale de matière sèche est plus importante chez les animaux ayant ingéré un régime contenant de l'huile de colza riche en acide érucique. Ceci se traduit par un abaissement significatif du CUD de la matière sèche. Chez ces mêmes animaux on constate un abaissement très significatif du CUD apparent des lipides exprimé en considérant soit les lipides totaux excrétés, soit leurs acides gras. Le calcul du CUD de la matière sèche non lipidique montre que l'abaissement du CUD de la matière sèche totale est dû essentiellement à la présence accrue de lipides dans les fèces des animaux.

Les dosages du calcium fécal montrent, toujours dans le même lot « colza riche en acide érucique », une augmentation légère mais significative du calcium excrété.

On remarque par ailleurs que l'huile de colza sans acide érucique a un CUD apparent supérieur à celui de l'huile d'arachide.

Pour une même huile, les différences légères observées entre les CUD des lipides totaux et les CUD des acides gras s'expliquent par la présence, dans les lipides fécaux, de quantités importantes d'insaponifiable, particulièrement dans les fèces des animaux ingérant un régime contenant de l'huile de colza sans acide érucique.

TABLEAU 2

*Utilisation digestive des huiles alimentaires étudiées*

| Durée de l'expérience                    | Huile du régime |         |                                  |         |                              |         |
|--|-----------------|---------|----------------------------------|---------|------------------------------|---------|
|  | Arachide        |         | Huile de colza riche en érucique |         | Huile de colza sans érucique |         |
|  | 7 jours (1)     | 9 jours | 7 jours (1)                      | 9 jours | 7 jours (1)                  | 9 jours |
| Nombre de rats par lots..                | 10              | 10      | 10                               | 10      | 10                           | 10      |
| Gain de poids (g) par rat ...            | 39,2            | 54,0    | 38,5                             | 52,2    | 43,4                         | 47,7    |
| MS(2) ingérée (g) par rat .              | 98,3            | 143,3   | 103,1                            | 152,0   | 101,5                        | 139,1   |
| MS excrétée (g) par rat ..               | 5,4             | 8,0     | 7,8**                            | 10,9**  | 5,0                          | 7,4     |
| CUD apparent MS.....                     | 94,5            | 94,4    | 92,4**                           | 92,8**  | 95,5                         | 94,6    |
| Lipides ingérés (g) par rat              | 14,7            | 21,5    | 15,4                             | 22,8    | 15,2                         | 20,8    |
| Lipides excrétés (g) par rat             | 1,0             | 1,7     | 3,5                              | 4,3**   | 0,7                          | 1,1**   |
| CUD apparent des lipides totaux .....    | 93,1            | 92,0    | 77,0                             | 81,0**  | 95,3                         | 94,7**  |
| Ac. gras ingérés (g) par rat .           | 13,6            | 19,9    | 14,1                             | 20,9    | 13,9                         | 19,0    |
| Ac. gras excrétés (g) par rat            | 0,68            | 1,16    | 2,67                             | 3,35**  | 0,36                         | 0,39**  |
| CUD apparent des acides gras totaux..... | 85,0            | 94,1    | 81,0                             | 84,0**  | 97,4                         | 98,0**  |
| Calcium exc.<br>Calcium ing. × 100 ..... | 56,7            | 54,3    | 62,2**                           | 61,2**  | 54,1                         | 54,0    |

(1) Les résultats de cette première expérience de 7 jours concernant l'utilisation digestive des lipides de la ration, ont été obtenus sur un pool de fèces de 10 rats.

(2) MS = Matière sèche.

\*\* Différence significative au seuil de P = 0,01 (par rapport au lot « Arachide »).

2. *Étude qualitative des lipides fécaux :  
formes d'élimination, nature des acides gras excrétés*

*Formes d'élimination* (tabl. 3).

Les résultats obtenus avec l'une ou l'autre méthode d'extraction des lipides fécaux sont comparables (pas de différence significative). La méthode plus élaborée de TOULLEC *et al.*, permet néanmoins de mettre en évidence les faits suivants :

La répartition des acides gras entre la fraction lipidique soluble dans le chloroforme (FS) et celle dite insoluble (FI), obtenue après acidification du résidu, n'est pas la même suivant l'huile du régime qui a été utilisée. La fraction insoluble (FI) est pondéralement nettement supérieure à la fraction soluble dans le cas où l'huile d'arachide est ajoutée au régime. Nous observons un phénomène inverse avec les deux huiles de colza (avec ou sans acide érucique). Dans ces deux cas on retrouve davantage d'acides gras dans la fraction lipidique soluble dans le chloroforme (FS).

TABLEAU 3

*Quantités d'acides gras (exprimées en p. 100 de matière sèche fécale) retrouvées dans les fèces en fonction de la nature de l'huile ingérée*  
Comparaison des 2 méthodes d'extraction utilisées

| Huile du régime   | Arachide | Colza riche en acide érucique | Colza sans acide érucique |
|---|----------|-------------------------------|---------------------------|
| Nombre de rats par lot.....                                     | 6        | 6                             | 6                         |
| Acides gras retrouvés par la méthode SAVARY <i>et al.</i> ....  | 15,1     | 32,8                          | 5,6                       |
| Acides gras retrouvés par la méthode TOULLEC <i>et al.</i> .... |          |                               |                           |
| Fraction soluble (FS).....                                      | 2,6      | 22,1                          | 3,3                       |
| Fraction insoluble (FI).....                                    | 11,9     | 11,4                          | 2,5                       |
| Somme des 2 fractions.....                                      | 14,6     | 33,6                          | 5,9                       |
| Comparaison des résultats obtenus avec les 2 méthodes .....     | NS       | NS                            | NS                        |

NS : différence non significative au seuil de  $P = 0,01$ .

#### *Nature des acides gras excrétés (tabl. 4, fig. 1).*

La figure 1 montre nettement les différences qui peuvent exister entre la composition en acides gras des lipides du régime et celle en acides gras totaux des lipides fécaux.

On remarque ainsi une importante disparition au niveau des fèces, quelle que soit l'huile du régime, des acides gras polyinsaturés en  $C_{18}$  (linoléique, linolénique) dont on connaît l'utilisation digestive élevée, et, à un degré moindre de l'acide oléique. L'acide érucique de l'huile de colza riche en cet acide et l'acide oléique de l'huile de colza sans acide érucique mais riche en oléique, sont les deux acides gras principalement éliminés dans les fèces. L'acide érucique et l'acide gadoléique représentent à eux deux près de 85 p. 100 des acides gras retrouvés dans les fèces des animaux ayant ingéré le régime contenant l'huile de colza riche en acide érucique.

On observe dans les 3 lots une concentration des acides gras saturés dans les lipides fécaux et ceci est particulièrement net avec l'huile d'arachide plus riche en acides gras saturés que les deux huiles de colza étudiées.

TABLEAU 4  
 Composition (en p. 100) en acides gras principaux des huiles du régime  
 et des lipides fécaux (extrait total)  
 Coefficients d'utilisation digestive apparents des huiles  
 et de leurs principaux acides gras (2<sup>e</sup> bilan)

| Principaux<br>acides gras | Arachide<br>CUD app. : 92,0 |                           |                              | Colza riche en acide érucique<br>CUD app. : 81,0 |                           |                              | Colza sans acide érucique<br>CUD app. : 94,7 |                           |                              |
|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|---------------------------|------------------------------|--|---------------------------|------------------------------|
|                           | Ac. gras<br>de l'huile      | Ac. gras (1)<br>des fèces | CUD app. (1)<br>des ac. gras | Ac. gras<br>de l'huile                           | Ac. gras (1)<br>des fèces | CUD app. (1)<br>des ac. gras | Ac. gras<br>de l'huile                       | Ac. gras (1)<br>des fèces | CUD app. (1)<br>des ac. gras |
| C <sub>16:0</sub>         | 10,1                        | 17,8                      | 89,6                         | 3,1  | 2,2                       | 88,7                         | 3,9  | 9,6                       | 95,0                         |
| C <sub>18:0</sub>         | 4,0                         | 17,9                      | 74,0                         | 1,1  | 1,9                       | 72,1                         | 2,1  | 14,2                      | 86,2                         |
| C <sub>18:1</sub>         | 58,2                        | 15,5                      | 98,4                         | 13,8   | 2,9                       | 96,6                         | 60,0   | 40,1                      | 98,6                         |
| C <sub>18:2</sub>         | 20,5                        | 1,0                       | 99,7                         | 14,7   | < 1 %                     | > 99                         | 19,9   | 3,5                       | 99,6                         |
| C <sub>18:3</sub>         | —                           | —                         | —                            | 6,4  | < 1 %                     | > 99                         | 9,8  | < 1 %                     | > 99                         |
| C <sub>20:0</sub>         | 1,8                         | 9,0                       | 71,1                         | 1,0  | 1,7                       | 72,7                         | traces                                       | 4,6                       | —                            |
| C <sub>20:1</sub>         | 1,8                         | 2,4                       | 92,2                         | 10,0   | 8,4                       | 86,5                         | 1,8  | 6,5                       | 92,6                         |
| C <sub>22:0</sub>         | 2,5                         | 18,4                      | 57,4                         | 0,9  | 2,2                       | 60,6                         | < 1 %  | 3,7                       | —                            |
| C <sub>22:1</sub>         | traces                      | 2,7                       | —                            | 44,7   | 75,6                      | 72,8                         | 1,9  | 8,2                       | 91,0                         |
| C <sub>24:0</sub>         | 1,6                         | 11,7                      | 56,8                         | —  | 1,4                       | —                            | < 1 %  | 3,2                       | —                            |

(1) Moyennes établies sur 10 rats par lot.



Le calcul des CUD apparents moyens des différents acides gras ingérés a donné les résultats suivants (tabl. 4) :

— le CUD apparent des acides gras saturés décroît lorsque la longueur de la chaîne augmente. Ce fait se retrouve avec les trois huiles.

— Les acides gras monoinsaturés à 20 atomes de carbone (gadoléique) et à 22 atomes de carbone (éruçique) ont une utilisation digestive moins bonne que celle de l'acide oléique (monoinsaturé à 18 atomes de carbone). Les acides gadoléique et éruçique ont par ailleurs un CUD légèrement relevé lorsqu'ils sont présents dans le régime en faibles quantités (ce qui est le cas notamment dans l'huile de colza dite sans acide éruçique).

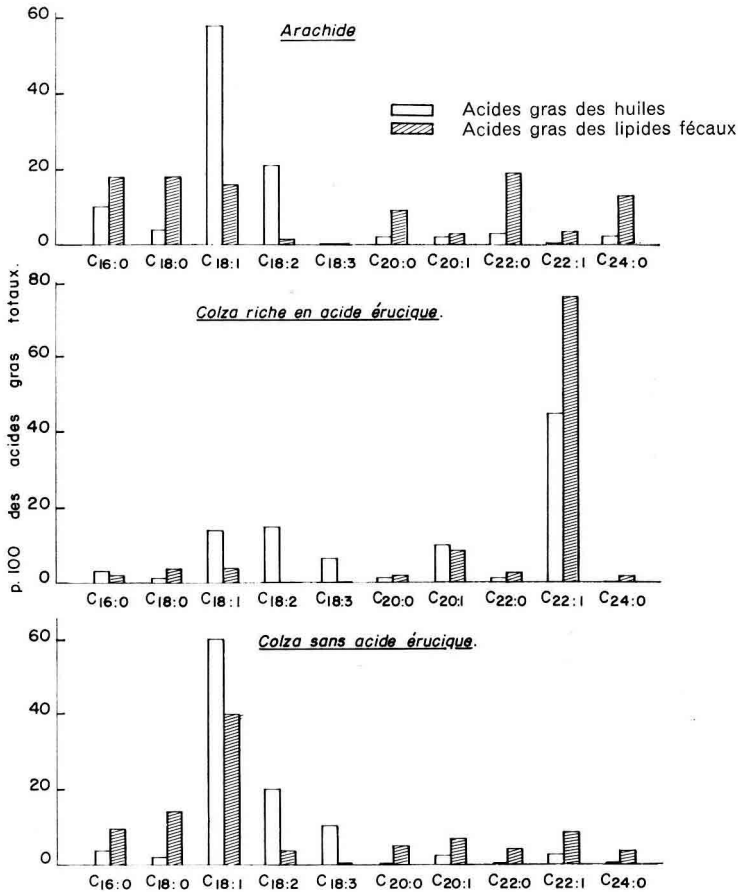


FIG. 1. — Composition (en p. 100) en acides gras des huiles du régime et des lipides fécaux

### 3. Répartition des acides gras fécaux entre les différentes fractions lipidiques (tabl. 5)

On constate, avec l'huile d'arachide, que les acides gras saturés sont surtout éliminés dans la fraction insoluble (FI) et les insaturés dans la fraction soluble (FS). Rappelons que celle-ci est quantitativement 4 fois moins importante que la fraction insoluble.

TABLEAU 5  
Composition (g p. 100 g) en acides gras de l'extrait lipidique total (ET),  
de la fraction soluble (FS) et de la fraction insoluble (FI) des fèces

| Huile du régime                  | Principaux acides gras (1) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |      |
|----------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
|                                  | C <sub>16:0</sub>          | C <sub>18:0</sub> | C <sub>18:1</sub> | C <sub>18:2</sub> | C <sub>18:3</sub> | C <sub>20:0</sub> | C <sub>20:1</sub> | C <sub>22:0</sub> | C <sub>22:1</sub> | C <sub>24:0</sub> |      |
| Arachide                         | ET                         | 17,7              | 17,9              | 15,5              | 1,0               |                   | 9,0               | 2,4               | 18,4              | 2,7               | 11,7 |
|                                  | FS                         | 16,4              | 7,8               | 46,6              | 4,2               |                   | 3,3               | 6,4               | 4,7               | 6,4               | 3,1  |
|                                  | FI                         | 18,5              | 19,6              | 10,1              | 1,1               |                   | 10,6              | 2,2               | 20,8              | 2,7               | 13,6 |
| Colza riche<br>en acide érucique | ET                         | 2,2               | 1,9               | 2,9               | < 1 %             | < 1 %             | 1,7               | 8,4               | 2,2               | 75,6              | 1,4  |
|                                  | FS                         | 2,2               | 1,7               | 3,5               | < 1 %             | < 1 %             | 1,3               | 8,9               | 1,7               | 75,1              | 1,0  |
|                                  | FI                         | 3,0               | 2,4               | 2,8               | < 1 %             | < 1 %             | 1,8               | 7,8               | 2,0               | 72,2              | 1,2  |
| Colza sans<br>acide érucique     | ET                         | 9,6               | 14,2              | 40,1              | 3,5               | < 1 %             | 4,6               | 6,5               | 3,7               | 8,2               | 3,2  |
|                                  | FS                         | 9,0               | 12,3              | 38,9              | 3,3               | 1,9               | 3,6               | 7,2               | 3,8               | 10,1              | 2,7  |
|                                  | FI                         | 10,9              | 15,5              | 31,3              | 3,1               | < 1 %             | 6,4               | 4,9               | 6,0               | 8,2               | 4,1  |

(1) Moyennes établies sur 6 rats par lot.

Avec les deux huiles de colza les résultats obtenus sont quelque peu différents. On retrouve au moins autant et quelquefois plus d'acides gras saturés (palmitique et stéarique notamment) dans la fraction soluble (FS) que dans la fraction insoluble (FI). Dans le cas plus particulier de l'huile de colza riche en acide érucique on remarque que cet acide se retrouve en plus grande quantité (deux fois plus) dans la fraction soluble que dans la fraction contenant les acides gras provenant des complexes (FI). Il en est de même pour l'acide éicosénoïque.

Enfin, avec l'huile de colza sans acide érucique on peut remarquer que, *qualitativement*, l'acide oléique, acide de « remplacement » de l'acide érucique, se comporte de la même manière que l'acide érucique puisqu'il représente lui aussi l'acide gras principalement éliminé au niveau fécal et qu'on le retrouve à la fois dans les fractions soluble et insoluble.

### DISCUSSION

Comme on pouvait le supposer et à la lumière des nombreuses connaissances déjà acquises dans le domaine de l'utilisation digestive des acides gras (DEUEL, 1955 ; CARROLL, 1958) le fait de remplacer dans l'huile de colza les acides érucique et gadoléique — acides gras monoinsaturés à nombre de carbones supérieur ou égal à 20 représentant 55 p. 100 des acides gras totaux de l'huile — par l'acide oléique monoinsaturé plus court, a nettement amélioré l'utilisation digestive de cette nouvelle huile de crucifère.

Nos résultats confirment que chez le Rat *Wistar* l'huile de colza riche en acide érucique a une moins bonne utilisation digestive que l'huile d'arachide. Les acides érucique et gadoléique sont les éléments responsables de cette baisse de digestibilité puisqu'ils représentent près de 85 p. 100 des acides gras totaux excrétés. L'une et l'autre des deux méthodes utilisées pour extraire les lipides fécaux ont permis de retrouver les mêmes résultats.

Pour ce qui est de l'utilisation digestive des acides gras présents dans les huiles du régime, nos résultats concordent avec les principes généraux admis dans ce domaine : la digestibilité des acides gras saturés diminue lorsque la longueur de la chaîne augmente et elle est inférieure à celle des acides gras insaturés. A insaturation égale, les acides gras dont la longueur de chaîne est supérieure ou égale à 20 atomes de carbone, ont une utilisation digestive moins bonne que l'acide oléique.

Il semblerait toutefois qu'à faible teneur dans le régime, les acides gras saturés ou monoinsaturés très longs aient des CUD plus élevés qu'à forte teneur dans le régime.

CARROLL et RICHARDS (1958) avaient déjà constaté que l'utilisation digestive des acides gadoléique et érucique était plus élevée lorsque ceux-ci étaient administrés non plus sous forme libre, mais sous forme de triérucine. Nos résultats, obtenus avec ces mêmes acides gras incorporés au régime sous forme de triglycérides mixtes, semblent confirmer les données de ces auteurs.

Que peut-on dire alors de la (ou des) forme d'élimination fécale de certains acides gras du régime et notamment de l'acide érucique de l'huile de colza ? Cette (ou ces) forme (acide gras libre, glycérides partiels, complexes...) pourrait expliquer les raisons

de la non absorption de cet acide. SWELL, *et al.* (1956 *a* et *b*) puis CARROLL, *et al.* (1958) et RICHARDS, *et al.* (1959) ont étudié la formation, dans la lumière intestinale du Rat, de complexes entre les acides gras libres présents (éricique et oléique en particulier) et d'autres éléments du régime et tenté d'isoler et de mettre en évidence la présence de complexes phosphocalciques ou de savons de calcium insolubles. D'après nos résultats il ne semble pas que ces formes d'élimination soient prédominantes puisque nous retrouvons plus d'acide éricique dans la fraction chloroformique que dans la fraction dite insoluble, c'est-à-dire celle où l'on devrait normalement retrouver les complexes d'acides gras.

La moins bonne utilisation digestive de l'huile de colza ne serait donc pas uniquement due à la formation de ces complexes. CARROLL et RICHARDS (1958) font état de résultats montrant qu'avec la triéricine et non plus de l'acide éricique libre, la fraction qu'ils nomment « savons » est moins importante que la fraction dite neutre. SAVARY, *et al.* (1966) retrouvent, semble-t-il, dans le gros intestin du Rat, des quantités importantes d'acide éricique sous forme libre.

La structure glycéridique particulière de l'huile de colza peut probablement entraîner des modifications de l'utilisation digestive de ces acides gras particuliers. On peut en effet envisager plusieurs hypothèses à ce sujet qui ne semblent pas avoir encore été démontrées avec précision :

— On sait que la lipase pancréatique hydrolyse préférentiellement les chaînes grasses situées en position  $\alpha$  sur la molécule de glycérol. Dans le cas particulier de l'huile de colza, 85 p. 100 de ses triglycérides renferment l'acide éricique en position  $\alpha$ . On peut supposer que la lipase pancréatique a, sur ces chaînes ériciques (acide mono-insaturé à longue chaîne), une action différente (et notamment une vitesse d'hydrolyse plus lente) de son action sur les acides gras « normalement » trouvés sur les positions  $\alpha$  (acides saturés). Dans ces conditions, l'acide éricique serait essentiellement éliminé dans les fèces sous forme de glycérides entiers ou partiels et non sous forme de complexes.

— Dans le cas contraire, c'est-à-dire dans le cas où l'action de la lipase pancréatique sur les triglycérides de l'huile de colza serait comparable à son action sur les triglycérides des autres huiles alimentaires, une grande partie des chaînes ériciques serait alors libérée dans la lumière intestinale. D'après nos calculs 70 p. 100 seulement des chaînes ingérées sont absorbées alors que 30 p. 100 sont éliminées par la voie fécale. Toujours selon nos résultats, l'acide éricique, une fois libéré des positions  $\alpha$  des triglycérides du colza, ne se comporterait pas comme un acide gras saturé (FLANZY, *et al.* 1968) c'est-à-dire qu'il ne formerait pas essentiellement des complexes insolubles non absorbés, mais serait éliminé surtout sous forme libre dans la fraction chloroformique (63 p. 100 environ des chaînes ingérées non absorbées, selon nos calculs).

CARROLL et RICHARDS (1958) ont montré que, dans les fèces, les complexes phosphocalciques ou les savons de calcium formés à partir de l'acide éricique, peuvent être partiellement extraits à l'éther de pétrole et par conséquent se retrouver dans la fraction soluble. SAMMONS, *et al.* (1960) signalent également cette possibilité et ajoutent, en outre, que certains savons de calcium peuvent être instables au cours de leur conservation. Ces réserves importantes nécessitent donc l'utilisation d'une méthode d'extraction et de séparation des formes d'élimination des acides gras non absorbés des huiles qui soit à la fois quantitative et qualitative.

Remarquons enfin que, dans le cas de l'huile de colza sans acide érucique, nous retrouvons une élimination des acides gras de l'huile (et notamment l'acide oléique) qui rappelle celle des acides gras de l'huile de colza riche en acide érucique. Ceci est vrai qualitativement surtout, puisque, comme nous l'avons vu, la digestibilité de cette nouvelle huile de colza riche en acide oléique est élevée. Une étude de la distribution des chaînes grasses dans les triglycérides de l'huile de colza sans acide érucique sera effectuée au laboratoire afin de mieux interpréter ce résultat.

Reçu pour publication en mars 1969.

## SUMMARY

### COMPARATIVE FEEDING VALUES AND PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF TWO RAPESEED OILS II. DIGESTIBILITY IN THE RAT

The comparative digestibilities of rapeseed oil (*Brassica napus*) with a high content of erucic acid (viz. 45 per cent) and of a new Canadian rapeseed oil : « zero erucic acid » rapeseed oil—also called Canbra oil —, were studied in the Rat.

The fatty acid composition of « zero erucic acid » rapeseed oil is largely altered as compared to that of normal rapeseed oil. Erucic acid ( $C_{22} : 1$ ) and eicosenoic acid ( $C_{20} : 1$ ) are replaced by oleic acid which represents 60 per cent of the total fatty acid content. Other fatty acids are as follows : palmitic, 3 per cent ; stearic, 1 per cent ; linoleic, 20 per cent ; linolenic, 10 per cent ; eicosenoic, less than 2 per cent ; erucic, less than 2 per cent.

Rapeseed oil with a high content of erucic acid has lower digestibility (80 per cent) than other dietary fats, e. g. peanut oil (92 per cent), whereas « zero erucic acid » rapeseed oil has even higher digestibility than peanut oil : 95 per cent.

Erucic acid and eicosenoic acid which represent 55 per cent of the total fatty acid content of normal rapeseed oil, appear to be responsible for the lower digestibility of the oil, as they represent 85 per cent of the fecal fatty acids. The digestibility of erucic acid is 73 per cent.

Unabsorbed fatty acids of rapeseed oils, and mainly erucic acid, seem to be excreted preferentially as neutral fractions (free fatty acids, partial glycerides) rather than as insoluble fatty acid complexes. This particular aspect requires further investigation.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALEXANDER J. C., MATTSON F. H., 1966. A nutritional comparison of rapeseed oil and soybean oil. *Canad. J. Biochem.*, **44**, 35-43.
- BERNHARD K., SEELIG E., WAGNER H., 1956. Die Sezernierung von köperfett in das darmlumen. *Hoppe Seyler's Zeitschrift für physiologische chemie.*, **304**, 138-147.
- CARROLL K. K., 1958. Digestibility of individual fatty acids in the Rat. *J. Nutrit.*, **64**, 399-410.
- CARROLL K. K., RICHARDS J. K., 1958. Factors affecting digestibility of fatty acids in the Rat. *J. Nutrit.*, **64**, 411-424.
- CAUSERET J., 1954. Recherches sur l'utilisation physiologique du calcium au cours de la croissance chez le Rat. Nouveaux aspects du rôle biologique de la vitamine D. *Ann. Zootech.*, **4**, 271-336.
- DEUEL H. J. (Jr.), CHENG A. L. S., MOREHOUSE M. G., 1948. The digestibility of rapeseed oil in the Rat. *J. Nutrit.*, **35**, 295-300.
- DEUEL H. J. (Jr.), JOHNSON R. M., CALBERT C. E., GARDNER J., THOMAS B., 1949. Studies on the comparative nutritive value of fats. 12. The digestibility of rapeseed and cottonseed oils in human subjects. *J. Nutrit.*, **38**, 369-379.
- DEUEL H. J. (Jr.), 1955. *The lipids. Their chemistry and Biochemistry*. Interscience Publishers, Inc., New York, vol. 11, p. 195.

- FLANZY J., RÉRAT A., FRANÇOIS A. C., 1968. Étude de l'utilisation digestive des acides gras chez le Porc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 537-548.
- FLEISCHMAN A. I., YACOWITZ H., HAYTON T., BIERENBAUM M. L., 1966. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in mature male rats fed beef tallow. *J. Nutrit.*, **88**, 255-260.
- GRYNBERG H., CEGLOWSKA K., SZCZEPANSKA H., 1966. Composition des glycérides de l'huile de colza. *Rev. fr. Corps gras*, **10**, 595-602.
- MIDDLETON E. J., CAMPBELL J. A., 1958. The determination of the available caloric content of rapeseed oil by rat growth. *Canad. J. Biochem. Physiol.*, **36**, 203.
- MURRAY T. K., CAMPBELL J. A., HOPKINS C. Y., CHISHOLM M. J., 1958. The effect of mono-enoic fatty acid esters on the growth and fecal lipids of rats. *J. amer. Oil Chemists' Soc.*, **35**, 156-158.
- PALOHEIMO L., JAHKOLA B., 1959. Digestibility of soybean oil and rape oil by swine. *Maataloustieteel. Aikakausk. Suomi.*, **31**, 212-214.
- ROCQUELIN G., CLUZAN R., 1968. L'huile de colza riche en acide érucique et l'huile de colza sans acide érucique : valeur nutritionnelle et effets physiologiques chez le Rat. I. Effets sur la croissance, l'efficacité alimentaire et l'état de différents organes. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 395-406.
- ROCQUELIN G., POTTEAU B., 1968. La valeur nutritionnelle et les effets physiopathologiques de l'huile de colza. Influence de sa teneur en acide érucique. *Ann. Nutr. Alim.*, **22**, 191-244.
- RICHARDS J. K., CARROLL K. K., 1959. Studies on calcium phosphate fatty acid salts occurring in fecal lipids. *Canad. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 725.
- RUTKOWSKI A., GRYNBERG H., SZCZEPANSKA H., 1964. Über die Struktur der Rapsöl-Glyceride. *Fette Seifen Anstrichmittel*, **12**, 1017-1020.
- SAMMONS H. G., WIGGS S. M., 1960. The separation, estimation and analysis of calcium soaps in human feces. *Clin. Chim. Acta.*, **5**, 141-145.
- SAVARY P., CONSTANTIN J., 1966. Sur la résorption intestinale des chaînes éruciques et leur incorporation dans les chylomicrons lymphatiques du Rat. *Biochem. Biophys. Acta*, **125**, 118-128.
- SWELL L., TROUT E. C., Jr., FIELD H. Jr., TREADWELL C. R., 1956 a. Occurrence and nature of a fecal phosphorus containing lipide. *J. Biol. Chem.*, **223**, 743-750.
- SWELL L., TROUT E. C. Jr., FIELD H. Jr., TREADWELL C. R., 1956 b. Effect of dietary fat and fatty acid on fecal excretion of a calcium oleate phosphate complex. *Proceed. Soc. Exp. Biol. Med.*, **92**, 613-615.
- THIEULIN C., 1968. Les divers facteurs influant sur l'utilisation digestive des matières grasses. *Ann. Nutr. Alim.*, **22** (6) 245-258.
- THOMASSON H. J., 1956. The biological value of oils and fats. IV. The rate of intestinal absorption. *J. Nutrit.*, **59**, 343-352.
- TOULLEC R., FLANZY J., RIGAUD J., 1968. Dosage des lipides des fèces. Extraction séparée, importance et composition en acides gras des lipides non saponifiés et de ceux des complexes insolubles. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 281-289.
- YACOWITZ H., FLEISCHMAN A. I., AMSDEN R. T., BIERENBAUM M. L., 1967. Effects of dietary calcium upon lipid metabolism in rats fed saturated or unsaturated fat. *J. Nutrit.*, **92**, 389-392.
- ZIOMBSKI H., 1964. Nutritive value of fats and their role in the development of some diseases. 2. Effect of type of fat in the diet and amount of physical effort on growth of rats. *Rocz. Panstwowego Zakl. Hig.*, **15**, 521-540.