





























































































L'apport de « TCG » dans les rations à base de foin ventilé a permis une augmentation de la production laitière de 1,9 kg/vache/j par rapport à « TCI », avec un abaissement du TP de 1,6 point. Les résultats obtenus avec les deux rations à base de maïs ensilage ne mettaient pas en évidence de réelles différences sur le plan zootechnique par rapport à ceux obtenus à la ferme des Trinottières (Brunschwig et Lamy et al., 2006).

Avec les deux types de ration, le tourteau gras fermier de colza a entraîné une diminution du pourcentage des acides gras moyens et une augmentation du pourcentage d'acides gras mono et poly insaturés.

**Tableau 7 : composition de la ration, production laitière, taux butyreux et protéique et composition du lait des groupes de vaches ayant consommé des rations à base d'ensilage de maïs (EM) ou foin ventilé (FV), complétées avec du tourteau de colza industriel (TCI) ou fermier (TCG) (Houssin et al., 2006).**

|                              | Lot EM TCI        | Lot EM TCG        | Lot FV TCI        | Lot FV TCG        |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Fourrages (kg MS/VL/jour)    | 14,9              | 13,8              | 14,1              | 14,0              |
| Concentrés (kg brut/VL/jour) | 6,1               | 6,2               | 6,1               | 6,1               |
| MG ration totale (% MB)      | 3,1               | 5,5               | 2,2               | 4,5               |
| Lait produit (kg/VL/j)       | 27,4              | 27,4              | 24,5 <sup>a</sup> | 26,4 <sup>b</sup> |
| TB (g/kg)                    | 39,8              | 40,1              | 37,8              | 38,9              |
| TP (g/kg)                    | 34,0 <sup>a</sup> | 32,1 <sup>b</sup> | 32,6 <sup>a</sup> | 31,0 <sup>b</sup> |
| AG moyens du lait (%)        | 50,4 <sup>a</sup> | 43,0              | 50,0 <sup>a</sup> | 37,9 <sup>b</sup> |
| AG longs du lait (%)         | 38,5 <sup>a</sup> | 46,3 <sup>b</sup> | 39,0 <sup>a</sup> | 53,6 <sup>b</sup> |
| AG Mono insaturés (%)        | 26,5 <sup>a</sup> | 30,6 <sup>b</sup> | 27,1 <sup>a</sup> | 35,6 <sup>b</sup> |
| AG polyinsaturés (%)         | 4,2               | 4,4               | 5,2 <sup>a</sup>  | 5,6 <sup>b</sup>  |
| Omega 3 (%)                  | 0,64              | 0,58              | 1,24 <sup>a</sup> | 1,14 <sup>b</sup> |
| Omega 6 / Omega 3            | 2,95              | 2,84              | 1,83              | 1,77              |
| Acides gras trans (%)        | 2,04 <sup>a</sup> | 2,88 <sup>b</sup> | 1,51 <sup>a</sup> | 2,63 <sup>b</sup> |

<sup>a,b</sup> signale une différence entre tourteau témoin et fermier significative à p<0,05.

### 3.1.1.3. Essais sur des rations à base d'ensilage d'herbe (Chapuis et al., 2006).

Un essai a été réalisé en milieu de lactation, pendant 12 semaines (2 séries consécutives de 6 semaines) sur 22 vaches laitières, recevant quotidiennement la même ration mixte (ensilage herbe-maïs) complète mélangée avec :

- pour le lot témoin « TCI » du tourteau industriel à 2,5 % de MG

- pour le lot tourteau de colza fermier « TCG » : deux tourteaux de colza fermiers à 13,5% MG pour la première série, et 19,4 % pour la deuxième série.

L'apport de 4,0 kg MS de tourteau gras de colza en remplacement de 2,8 kg MS de tourteau industriel de colza a fait passer la teneur de la ration « TCG » régulièrement au-dessus de 5 % MG. Le dépassement de ce seuil a probablement perturbé le fonctionnement ruminal et de fait, réduit l'ingestion dans le lot « TCG » malgré une ration à plus forte proportion de concentré.

Ce constat a expliqué le maintien de la production laitière au niveau du lot « TCI », la baisse de TP des lots « TCG ». Celle-ci était plus marquée en 2<sup>ème</sup> période d'essai quand la teneur en MG de la ration est plus élevée.

Le bilan énergétique du lot « TCG » plus élevé de 0,4 UFL/j par rapport au lot « TCI » a expliqué la reprise d'état corporel plus importante de ce lot.

L'utilisation des tourteaux fermiers de colza gras (>12 % MG) pour corriger des rations fourragères, mixtes ou non, doit respecter la limite de 5 % de MG dans la ration pour ne pas pénaliser le TP.

**Tableau 8 : teneur en matière grasse de la ration, ingestion totale, production laitière, taux butyreux et protéique, variation d'état corporel des deux groupes de vaches recevant des rations avec du tourteau de colza industriel (TCI) ou gras (TCG) (Chapuis et al., 2006).**

| Groupe                            | TCI              |                  | TCG              |                  |
|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                   | 1 <sup>ère</sup> | 2 <sup>ème</sup> | 1 <sup>ère</sup> | 2 <sup>ème</sup> |
| Série                             |                  |                  |                  |                  |
| MG de la ration (g/kg MS)         | 29               |                  | 51               | 64               |
| Ingestion totale (kg MS)          | 21,8             |                  | 20,9             |                  |
| Lait produit (kg/j)               | 25,8             | 26,1             | 25,6             | 25,6             |
| TB (g/kg)                         | 42,7             | 41,9             | 42,3             | 42,0             |
| TP (g/kg)                         | 34,7             | 34,8             | 33,5*            | 32,4*            |
| Variation de note d'état corporel | 0,43             | 0,16             | 0,73*            | 0,05             |

\* signale une différence entre tourteau industriel tourteau fermier significative à p<0,10

3.1.1.4. *Incorporation de tourteau de colza obtenu par pression à froid dans une ration d'engraissement chez les taurillons (Mayombo et al., 1997).*

L'ingestion, la digestion et la cinétique de dégradation de la ration dans le rumen ont été mesurées sur quatre rations d'engraissement de taurillons contenant différents taux d'incorporation du même tourteau de colza obtenu par pression à froid et contenant 8,6% de matières grasses. La ration témoin était composée de pulpes séchées, céréales, tourteau de soja et lin. Dans les trois autres rations, les matières azotées du tourteau de colza ont remplacé à raison de 33, 66 et 100 % celles des tourteaux de soja et de lin.

Huit taurillons de race Blanc Bleu de conformation mixte ont été utilisés dans un modèle de 2 carrés latins 4 x 4 (4 séries de 4 animaux). Les animaux pesaient à mi-expérience en moyenne 530 kg. Ils étaient porteurs d'une canule du rumen. Chaque période du carré latin avait une durée de 42 jours avec une période de transition de 7 jours.

Le tourteau de colza utilisé présentait une dégradabilité théorique de 0,717 (détermination par la méthode des sachets nylon). Les teneurs en minéraux Ca/P/Mg étaient élevées pour un aliment de ce type, les concentrations en Cu, Zn et Mn couvraient les besoins de taurillons en engraissement.

La ration contenant 3/3 de tourteau de colza a entraîné une réduction de l'ingestion très faible et non significative mais une diminution significative du coefficient de digestibilité de la matière organique. Selon les auteurs, l'apport accru de matières grasses aurait réduit l'efficacité ruminale.

Les coefficients de digestibilité du tourteau et des rations sont maximaux lors de l'apport d'un 1/3 de tourteau de colza.

**Tableau 9 : teneur en matières grasses et azotées des rations et digestibilité de la matière organique en fonction de la part de tourteau gras incorporé (Mayombo et al., 1997).**

| Part du tourteau de colza dans les concentrés | 0                  | 1/3               | 2/3               | 3/3               |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Matières azotées (%/MS)                       | 16,3               | 16,2              | 16,2              | 16,1              |
| Matières grasses (%/MS)                       | 3,2                | 3,3               | 4,0               | 4,2               |
| dMO de la ration (%)                          | 77,9 <sup>ab</sup> | 78,8 <sup>a</sup> | 77,6 <sup>b</sup> | 76,5 <sup>c</sup> |

Les valeurs suivies de lettres différentes dans une même ligne sont significativement différentes ( $p > 0,05$ )

**Tableau 10 : composition chimique et valeur alimentaire du tourteau de colza incorporé (Mayombo et al., 1997).**

|                         |              |
|-------------------------|--------------|
| Matières azotées (% MS) | 37,8         |
| Matières grasses (% MS) | 8,6          |
| ADF (% MS)              | 27,1         |
| Ca/P/Mg (g/kg MS)       | 9,6/12,6/4,6 |
| UFL (/kg MS)            | 1,11         |
| UFV (/kg MS)            | 1,07         |
| PDIN (g/kg MS)          | 152          |
| PDIE (g/kg MS)          | 259          |

Légende : ADF : Acid Detergent Fibre.

*3.1.1.5. Valorisation des tourteaux fermiers de colza en production de viande bovine. Essai sur jeunes bovins charolais (Bertin et al., 2008).*

Dans cet essai, trois types de régimes à base d'ensilage de maïs et paille à volonté ont été comparés pour l'engraissement de deux séries de 36 taurillons charolais d'environ 10 mois :

- un régime « TCG » complété avec 2,5 kg/j de tourteau de colza gras fermier à 12% de MG,
- un régime « TCI » complété avec 1,3 kg/j de blé et 1,7 kg de tourteau de colza fortement déshuilé à 3 % de MG,
- un régime témoin « Ts » complété avec 1,8 kg/j de blé et 1,2 kg/j de tourteau de soja.

Cet essai montre qu'une ration complétée avec 2,5 kg/j de tourteaux de colza gras (à environ 12% de matière grasse) a donné des résultats de performances et de carcasse identiques à ceux obtenus avec un régime complété avec du blé et du soja.

Le tourteau de colza gras suffit seul en tant que concentré pour satisfaire les besoins des jeunes bovins sans engendrer de problèmes d'appétence.

**Tableau 11 : durée d'engraissement, performances zootechniques et proportion de matière grasse des jeunes bovins ayant reçu du tourteau de soja (Ts) ou du tourteau de colza industriel (TCI) ou fermier (TCG) (Bertin et al., 2008).**

|   | Ts   | TCI  | TCG  |
|---|------|------|------|
| Durée engraissement (j)                           | 206  | 207  | 205  |
| Croissance (g/j)                                  | 1632 | 1572 | 1602 |
| Indice de consommation (kg MS/ kg gain poids vif) | 6,34 | 6,72 | 6,44 |
| MG ration (% MS)                                  | 2,5  | 2,7  | 4,6  |

3.1.1.6. *Valorisation des tourteaux fermiers de colza en production de viande bovine. Essai sur jeunes bovins Blanc Bleu Belge (Novak et Jossart, 2004).*

Neuf taurillons Blanc Bleu Belge d'un poids voisin de 500 kg ont été séparés en deux lots. Le premier lot a reçu un régime témoin contenant 6 % de tourteau de lin et 10 % d'aliment contenant de la graine de lin expansée, le second lot un régime contenant 16 % de tourteau de colza gras fermier, les aliments étant distribués de manière à assurer une ingestion *ad libitum*, pendant 4 mois.

Aucune différence de GMQ n'a été mise en évidence, seule une amélioration de l'indice de consommation a été constatée avec le tourteau gras.

**3.2. Essais sur les ovins.**

3.2.1. *Essais sur les agneaux en croissance.*

Deux types de tourteaux gras de colza ont été incorporés à 25% dans les concentrés de jeunes animaux en croissance (Mandiki et al., 2000). Les tourteaux différaient par leur teneur en glucosinolates et leur teneur en graisse résiduelle. Ces rations étaient comparées à une ration ne contenant pas de tourteau de soja.

Les performances zootechniques n'ont pas été altérées par l'incorporation de tourteau de colza par rapport à la ration témoin sans tourteau de colza. L'ingestion des tourteaux gras a eu des effets limités au niveau endocrinien et métabolique, excepté au niveau de la thyroïde pour laquelle une hypertrophie a été constatée. Ces phénomènes sont restés sans conséquence car globalement, les performances zootechniques obtenues avec ces deux tourteaux de colza gras ont été pratiquement équivalentes au témoin sans colza. Par ailleurs, il a été constaté avec le colza, une diminution de la teneur en cholestérol dans le gras de dépôt des agneaux en croissance.

**Tableau 12 : teneur en glucosinolates et en matière grasse des différents tourteaux (Mandiki et al., 2000).**

|   | Variété Samourai | Variété Honk |
|---|------------------|--------------|
| Teneur en glucosinolates ( $\mu\text{mol/g MS}$ ) | 10,89            | 24,14        |
| Teneur en matières grasses (% MS)                 | 18,5             | 22,0         |

### 3.2.2. Essais sur les brebis en gestation-lactation : effets sur les agneaux.

Mandiki et al (2000) ont également étudié les effets de la distribution de tourteaux gras de colza sur les performances zootechniques des brebis mais surtout des agneaux. Deux concentrés contenant 40 % de tourteau de colza à 15 % de MG ont été testés en comparaison avec un témoin sans colza.

L'essai a montré que globalement la distribution des tourteaux de colza n'a eu aucun effet marqué sur les performances des brebis et des agneaux. Une augmentation du niveau des ions thiocyanates dans le plasma et le lait a été constatée dans les lots colza mais est restée réversible et n'a eu pas d'incidence sur les performances de reproduction et de lactation.

**Tableau 13 : composition chimique de la ration et performances zootechniques des brebis et des agneaux en fonction de l'aliment concentré (Mandiki et al., 2000).**

| <b>Aliment concentré</b>                   | <b>Témoin sans colza</b> | <b>Colza Apex</b> | <b>Colza synergy</b> | <b>Témoin sans colza</b> | <b>Colza Samouraï</b> | <b>Colza Honk</b> |
|--|--------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| Teneur en MG des tourteaux (% MS)          | 7,0                      | 7,25              | 7,65                 | 5,3                      | 6,2                   | 6,9               |
| Protéines brutes (% MS)                    | 21,9                     | 21,7              | 21,8                 | 18,3                     | 16,4                  | 15,9              |
| Glucosinolates (µmol/g MS)                 | 0                        | 5,1               | 6,3                  | 0                        | 1,9                   | 4,2               |
| <b>Brebis</b>                              |                          |                   |                      |                          |                       |                   |
| Evolution du poids avant mise bas (g/j)    | + 257                    | + 282             | + 285                |                          |                       |                   |
| Evolution du poids après la mise bas (g/j) | + 127                    | - 22              | + 26                 |                          |                       |                   |
| Ions thiocyanates dans plasma (%µmol/ml)   | 0,03                     | 0,35              | 0,50                 |                          |                       |                   |
| <b>Agneaux</b>                             |                          |                   |                      |                          |                       |                   |
| Mortalité (%)                              | 10                       | 5                 | 0                    |                          |                       |                   |
| Poids à la naissance (kg)                  | 3,9                      | 4,6               | 4,2                  |                          |                       |                   |
| Croissance générale (g/j)                  | 255                      | 257               | 251                  |                          |                       |                   |
| <b>Agneaux en croissance</b>               |                          |                   |                      |                          |                       |                   |
| Gain quotidien général (g/j)               |                          |                   |                      | 257                      | 260                   | 260               |
| Age à l'abattage (j)                       |                          |                   |                      | 136                      | 130                   | 131               |
| Poids de carcasse (kg)                     |                          |                   |                      | 17,0                     | 17,4                  | 17,2              |

### 3.3. Essais sur les chèvres laitières (Lefrileux et al., station expérimentale caprine de Pradel, 2008).

Cinq lots de 18 chèvres adultes ont reçu en complément d'une alimentation à base de foin et pâturage, 800g de concentré au DAC. Les niveaux d'incorporation de tourteaux gras de colza dans le concentré variaient de 0 à 600 g/jour/chèvre, le maïs complétait le reste du concentré, la teneur en matière grasse des différentes rations n'excédait pas les 5%. Un seul type de tourteau gras de colza, à 11,7% de matière grasse, a été utilisé au cours de cette expérimentation.

L'introduction de tourteau gras de colza à des niveaux élevés s'est associée à une hausse de la production de lait. Les poids vifs et les états corporels sont restés stables sur la durée de l'essai. Enfin aucun effet n'a été remarqué sur l'aptitude du lait à la transformation fromagère et la qualité des picodons (fromages de chèvre au lait cru produit dans la Drôme et dans l'Ardèche).

Tableau 14 : taux d'incorporation et production laitière de chèvres recevant des régimes avec différentes quantités de tourteau gras de colza (Lefrileux et al., 2008).

|                               |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| Maïs (kg MB/j)                | 0,8  | 0,65 | 0,5  | 0,45 | 0,15 |
| Tourteau colza gras (kg MB/j) | 0    | 0,15 | 0,3  | 0,45 | 0,6  |
| Lait brut (kg/j)              | 2,20 | 2,22 | 2,31 | 2,38 | 2,64 |

L'ensemble des essais menés sur les principales productions de ruminants élevées en France, permet de constater à une possible utilisation des tourteaux gras de colza dans leur alimentation en limitant l'incorporation pour ne pas dépasser 5 % de MG dans la ration.



## **4. Utilisation des tourteaux de colza en élevage (Veau et al., 2006).**

Les informations suivantes sont issues d'une enquête réalisée en 2006 dans 81 élevages bovins uniquement (23 élevages allaitants et 56 élevages laitiers).

### **4.1. Utilisation en élevage laitier.**

Les vaches laitières recevaient en moyenne 1,2 kg MS /jour/animal [0,1-3,8] de tourteau gras, représentant 1/3 des concentrés distribués. La quantité de tourteau distribué était supérieure dans les élevages dont l'ensilage de maïs représentait plus de 30% de la ration.

La quantité de tourteaux gras distribuée aux vaches laitières a été déterminée par les éleveurs en fonction de la quantité de tourteaux gras qui avait été produite et de sorte que la distribution soit la plus longue possible pour 57% des élevages. Le deuxième critère pris en compte par les éleveurs pour déterminer le niveau de distribution du tourteau gras a été le taux de matière grasse de ce produit (23% des élevages).

Le tourteau gras a été majoritairement distribué en ration complète ou en mélange avec les autres concentrés. Seuls cinq élevages ont connu des difficultés d'adaptation pendant les trois premiers jours avant que les vaches ne le mangent correctement mais aucun problème d'appétence n'a été rapporté au cours de l'enquête.

### **4.2. Utilisation en élevage allaitant.**

#### *4.2.1. Effets sur les vaches allaitantes.*

La majorité des élevages possédant un troupeau de vaches allaitantes distribuant du tourteau gras l'utilisaient pendant la période d'hivernage. Le tourteau de colza représentait en moyenne 50% des concentrés de la ration, soit 1,5 kg/jour/vache.

Le tourteau de colza a aussi été utilisé pour l'engraissement de vaches de réforme en complément de ration à base de foin ou de paille, le tourteau représentait alors 18% des concentrés en moyenne soit 43,3 kg/mois/animal. Dans tous les cas, la part de tourteau gras n'excédait jamais 35% de la ration.

#### 4.2.2. *Utilisation en engraissement de taurillons.*

La quantité de concentrés distribuée aux taurillons était en moyenne de 5 kg MS/jour/taurillon. La part du tourteau gras dans les concentrés était assez faible et proche de celle donnée aux vaches allaitantes mises à l'engraissement, en moyenne de 12,9 % de la ration, distribué en mélange avec les autres concentrés de la ration.

#### **4.3. Effets sur les performances.**

Il est difficile de mesurer, dans le cadre de cette enquête, l'impact des tourteaux gras sur les performances zootechniques des animaux qui les ont ingérés, tant les facteurs les influençant sont nombreux. Les effets rapportés sont davantage fondés sur les appréciations qualitatives des éleveurs, que sur des données chiffrées. Une augmentation de la production laitière et une diminution du TB a été observée dans 30% des élevages laitiers enquêtés. Le TP n'a pas subi de grandes modifications d'après les observations des éleveurs.

Aucun problème d'appétence n'a été soulevé par les éleveurs, de plus le tourteau de colza n'a pas eu d'impact négatif apparent sur les performances.

**En conclusion de cette partie bibliographique**, les tourteaux gras de colza sont des aliments riches en énergie avec des valeurs UFL supérieures à des tourteaux de colza industriels déshuilés, ils permettent d'augmenter la concentration énergétique des rations. Les tourteaux industriels expellers possèdent des valeurs PDI proches des tourteaux industriels déshuilés avec des valeurs énergétiques légèrement plus élevées.

La teneur plus faible en PDI des tourteaux fermiers incite à ajouter de grosses quantités de tourteaux pour atteindre le même seuil de correction mais leur richesse en matière grasse est un facteur limitant, car il faut veiller à ne pas dépasser 5% de matières grasses dans la ration des vaches laitières. Leur utilisation est donc délicate.

La teneur élevée en calcium et phosphore des tourteaux industriels déshuilés se retrouve dans les tourteaux gras, permettant une diminution de l'apport en calcium et phosphore d'origine minérale. La teneur en glucosinolates ne représente plus un frein à l'incorporation de tourteaux gras dans l'alimentation grâce à la mise en culture de variétés 00.

## Partie 2 : Etude expérimentale.

La connaissance des valeurs azotées des aliments pour ruminants (PDIN, PDIE) s'avère essentielle pour la formulation de rations des ruminants. Ces valeurs azotées dépendent majoritairement de la teneur en MAT, de la DT et de la teneur en MOF.

Peu de résultats expérimentaux sont à ce jour parus dans la littérature sur la valeur protéique des tourteaux gras de colza.

Les objectifs de l'étude sont :

- la mesure *in sacco* de la dégradabilité ruminale de l'azote des tourteaux gras
- la mesure *in vitro* de cette dégradabilité
- la recherche de relations entre ces deux mesures
- une approche des effets de la conservation à la ferme sur la dégradabilité.

### 1. Matériels et méthodes.

#### 1.1. Aliments à tester.

Les aliments sont fournis par l'ONIDOL (Organisation Nationale Interprofessionnelle des Oléagineux), les tourteaux gras de colza ayant une gamme de teneur en matière grasse assez large [9,7-38,7 du produit brut], 10 tourteaux ont été choisis parmi les 39 tourteaux recensés dans une enquête tourteaux gras réalisée par cet organisme :

- un tourteau industriel expeller obtenu par double pression : première pression à froid, cuisson, deuxième pression à chaud [1-Ext-Co],
- un tourteau industriel expeller obtenu avec cuisson préalable (100-110°C pendant 30-60 minutes) sans réintroduction de gommes [2-EpiSsg-Co],
- un tourteau industriel expeller obtenu avec cuisson préalable (100-110°C pendant 30-60 minutes) avec réintroduction de gommes [3-EpiAvg-Co]
- sept tourteaux fermiers, dont deux [Tx-5JPV] provenant de la même fabrication, un étant conservé à -11°C plusieurs mois, l'autre étant conservé dans l'élevage.

Chaque aliment a été analysé pour déterminer les teneurs en CB (méthode de Weende) et en constituants pariétaux (méthode de « Van Soest ») : teneurs en parois végétales totales (NDF : Neutral Detergent Fibre) et en fraction lignocellulosique (ADF : Acide Detergent Fibre).

**Tableau 15 : composition chimique et teneur en matière organique digestible des aliments testés. La digestibilité de la MO a été calculée selon la méthode INRA (2007).**

| Aliments                              |                                 | MAT<br>(g/kg<br>MS) | CB<br>(g/kg<br>MS) | MG<br>(g/kg<br>MS) | Mm<br>(g/kg<br>MS) | ADF<br>(g/kg<br>MS) | NDF<br>(g/kg<br>MS) | MOD<br>(g/kg<br>MS) |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Tourteaux<br>industriels<br>expellers | 1-Ext-Co                        | 345                 | 158                | 106                | 71                 | 297                 | 206                 | 686                 |
|                                       | 2-EpiSSg-Co                     | 330                 | 158                | 107                |                    |                     |                     | 670                 |
|                                       | 3-EpiAVg-Co                     | 339                 | 162                | 116                | 69                 | 298                 | 252                 | 682                 |
|                                       | Moyenne                         | 338                 | 159                | 110                | 70                 | 298                 | 229                 | 685                 |
| Tourteaux<br>fermiers                 | 4-JCG-Co                        | 258                 | 109                | 349                | 54                 | 235                 | 176                 | 768                 |
|                                       | 6-SC-Co                         | 327                 | 109                | 154                | 67                 | 272                 | 232                 | 758                 |
|                                       | 7JMC-Co                         | 257                 | 125                | 248                | 62                 | 236                 | 155                 | 738                 |
|                                       | 8-NT-Co                         | 237                 | 118                | 292                | 62                 | 249                 | 198                 | 749                 |
|                                       | 9-DR-Co                         | 286                 | 124                | 183                | 67                 | 300                 | 183                 | 736                 |
|                                       | TX-5JPV -11°C                   | 305                 | 99                 | 211                | 64                 | 229                 | 187                 | 773                 |
|                                       | TX-5JPV                         | 307                 | 97                 | 219                | 64                 | 253                 | 164                 | 777                 |
|                                       | Moyenne                         | 282                 | 112                | 237                | 63                 | 253                 | 185                 | 757                 |
| Témoins                               | Tourteau déshuilé<br>industriel | 355                 | 134                | 28                 | 81                 | 361                 | 261                 | 712                 |
|                                       | Graine de colza                 | 180                 | 226                | 395                | 43                 | 340                 | 237                 | 610                 |
|                                       | Tourteau de soja 48             | 515                 | 81                 | 27                 | 73                 | 157                 | 82                  | 847                 |

Ces échantillons sont représentatifs des différentes teneurs en matière grasse rencontrées sur le terrain. Seule la teneur en matière grasse a été déterminante dans le choix des tourteaux fermiers.

A titre de référence, un tourteau de soja 48, un tourteau de colza industriel déshuilé (2,5% MG / MB) et de la graine brute de colza ont été analysés.

## 1.2. Etude *in sacco*

Elle a été réalisée selon la méthode de Michalet-Doreau *et al* (1987) :

- broyage à la grille de 1 mm (broyeur Retsch),
- mise en sachets nylon de 11 x 6 cm, de 50 microns de taille de pores :  
3 grammes d'échantillon par sachet,
- durées d'incubation 2, 4, 8, 16, 24, 48 heures,
- 6 répétitions par échantillon et durée d'incubation,
- lavage des sachets après incubation (deux lavages successifs en machine),
- séchage à l'étuve (45°C) et pesée des résidus,
- broyage des résidus : broyeur à bille Dangoumeau,
- dosage de l'azote résiduel (méthode Dumas).

L'essai s'est déroulée sur le domaine de Borret (expérimentation *in vivo*) et dans les laboratoires ENVT et INRA de TANDEM (expérimentation *in vitro*).

Deux séries d'expérimentation *in vivo* ont été réalisées, avec dans la première la mise en place des sachets contenant les aliments 1 à 4, et 6 à 9. La graine de colza, le tourteau industriel déshuilé et le tourteau de soja ont été les témoins de cette première série (mai – juin 2008).

Dans la deuxième série, les tourteaux 5 conservés au congélateur et dans des conditions d'élevage, ainsi que les témoins (tourteau de colza industriel et tourteau de soja) ont été mis en incubation (octobre 2008).

Trois génisses Prim'Holstein (Alyssa, Buchette, Buser) de 24 mois non gestantes, munies d'une canule ruminale, ont été utilisées pour la première série d'expérimentation. Seules Alyssa et Buser furent utilisées pour la deuxième série. Les animaux étaient logés en stalle, alimentés à volonté individuellement avec deux distributions équivalentes par jour (8h et 7h). Les rations couvraient les besoins d'entretien des animaux.

Quantités en kg bruts/jour :

- Foin de luzerne : 5 kg,
- Paille de blé : 2 kg,
- Farine de maïs : 2,5 kg,
- AMV 5/21 : 0,3 kg/j.

### 1.3. Etude enzymatique.

Elle a été réalisée selon la méthode d'Aufrère et Cartailier (1988).

Dans 50 ml de tampon borate à pH 8, contenant 1 mg de protéase, 0,05 mg de tétracycline et 0,5 mg de nystatine, 500 mg d'échantillon sont mis au bain-marie pendant une heure à 44°C. Le mélange est ensuite centrifugé pendant 5 minutes à 3000 tours/mn, filtré sur filtres plissés Durieux 2B. L'azote restant est dosé par la méthode de Kjeldahl. L'azote organique est minéralisé par l'acide sulfurique : l'azote ammoniacal formé (sulfate d'ammonium) est placé en milieu basique, distillé et recueilli dans une solution d'acide sulfurique en excès. L'acide sulfurique excédentaire est dosé par colorimétrie (rouge de méthyl). Deux répétitions sont réalisées par échantillon, avec pour chaque série un témoin (luzerne déshydratée) et un échantillon blanc.

La dégradabilité enzymatique (DE1) est obtenue en calculant le rapport de l'azote dégradée sur l'azote initial. On en déduit la DTNe à partir des équations (vues dans le 1.4.2) :

- pour les tourteaux (Aufrère et al., 1989)

$$DT = 0.36DE1 + 0.479 + \Delta$$
, avec  $\Delta = 14,5$  pour les tourteaux de colza et 3,6 pour le tourteau de soja.

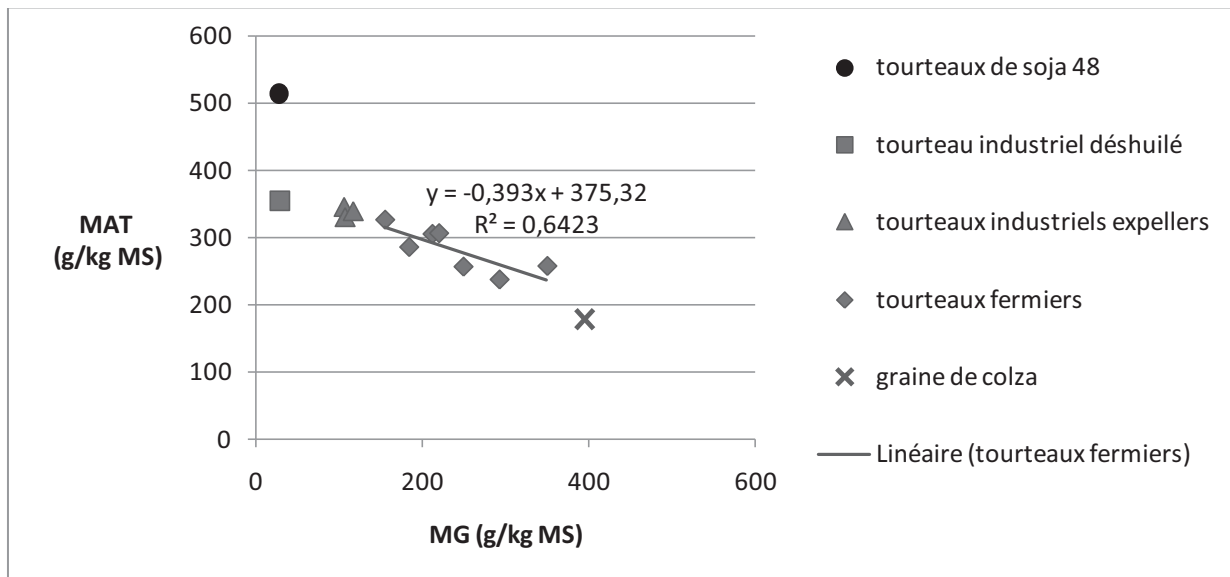
- pour les graines de colza (INRA, 2007) :

$$DT = 1,48 DE1 - 0,76 (DE1)^2 + 0,211$$

## 2. Résultats.

### 2.1. Teneurs en MAT.

Les valeurs de MAT des tourteaux gras de colza sont comprises entre les teneurs du tourteau de colza industriel (355 g/kg MS) et de la graine (180 g/kg MS). Les teneurs des tourteaux de colza expellers (entre 330 et 345 g/kg MS) sont supérieures aux teneurs des tourteaux de colza fermiers (entre 237 et 307 g/kg MS). La corrélation entre les teneurs en MAT et MG des tourteaux fermiers est satisfaisante ( $R^2 = 0,64$ ), la matière grasse explique donc 64% des variations de teneur en matière azotée totale.



Graphique 5 : Teneur en matière azotée totale en fonction de la teneur en matière grasse.

### 2.2. DTN.

Le tableau 16 représente les valeurs des fractions immédiatement dégradables (a), progressivement dégradée (b), la vitesse de disparition dans le rumen (c) de la fraction b et la DTNs (DTN *in sacco*) pour chaque aliment.

**Tableau 16 : Expérimentation *in sacco* : teneurs en fractions immédiatement dégradables (a, proportion de l'azote total), progressivement dégradée (b, proportion de l'azote total), vitesse de dégradation (c, par heure) de la fraction b et dégradabilité de l'azote (proportion de l'azote total).**

| Aliments                        |                              | a                    | b    | c    | Ecart-type a | Ecart-type b | Ecart-type c | DTNs |      |
|---------------------------------|------------------------------|----------------------|------|------|--------------|--------------|--------------|------|------|
| Tourteaux industriels expellers | 1-Ext-Co                     | 0,38                 | 0,55 | 0,09 | 0,06         | 0,06         | 0,01         | 0,71 |      |
|                                 | 2-EpiSSg-Co                  | 0,29                 | 0,64 | 0,12 | 0,04         | 0,05         | 0,02         | 0,72 |      |
|                                 | 3-EpiAVg-Co                  | 0,24                 | 0,69 | 0,17 | 0,10         | 0,10         | 0,03         | 0,75 |      |
|                                 | Moyenne                      | 0,30                 | 0,63 | 0,13 |              |              |              | 0,73 |      |
| Tourteaux gras fermiers         | 4-JCG-Co                     | 0,61                 | 0,32 | 0,24 | 0,08         | 0,07         | 0,07         | 0,86 |      |
|                                 | 6-SC-Co                      | 0,69                 | 0,24 | 0,22 | 0,07         | 0,07         | 0,06         | 0,88 |      |
|                                 | 7JMC-Co                      | 0,64                 | 0,30 | 0,20 | 0,09         | 0,09         | 0,07         | 0,86 |      |
|                                 | 8-NT-Co                      | 0,66                 | 0,26 | 0,21 | 0,10         | 0,10         | 0,08         | 0,86 |      |
|                                 | 9-DR-Co                      | 0,58                 | 0,34 | 0,19 | 0,09         | 0,09         | 0,03         | 0,84 |      |
|                                 | TX-5JPV -11°C                | 0,79                 | 0,15 | 0,13 | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,89 |      |
|                                 | TX-5JPV                      | 0,84                 | 0,10 | 0,08 | 0,05         | 0,04         | 0,08         | 0,89 |      |
|                                 | Moyenne                      | 0,69                 | 0,25 | 0,18 |              |              |              | 0,87 |      |
| Témoins                         | Tourteau déshuilé industriel | <i>in sacco</i>      | 0,10 | 0,83 | 0,13         | 0,12         | 0,11         | 0,02 | 0,66 |
|                                 |                              | Sauvant et al, 2004  | 0,27 | 0,67 | 0,10         |              |              |      | 0,69 |
|                                 | Graine de colza              | <i>in sacco</i>      | 0,25 | 0,68 | 0,21         | 0,18         | 0,19         | 0,07 | 0,78 |
|                                 |                              | Sauvant et al, 2004  | 0,40 | 0,55 | 0,15         |              |              |      | 0,79 |
|                                 | Tourteau de soja 48          | <i>in sacco</i>      | 0,11 | 0,88 | 0,11         | 0,18         | 0,18         | 0,03 | 0,67 |
|                                 |                              | Sauvant et al, 2004* | 0,13 | 0,85 | 0,085        |              |              |      | 0,63 |

\* valeurs du tourteau de soja 50

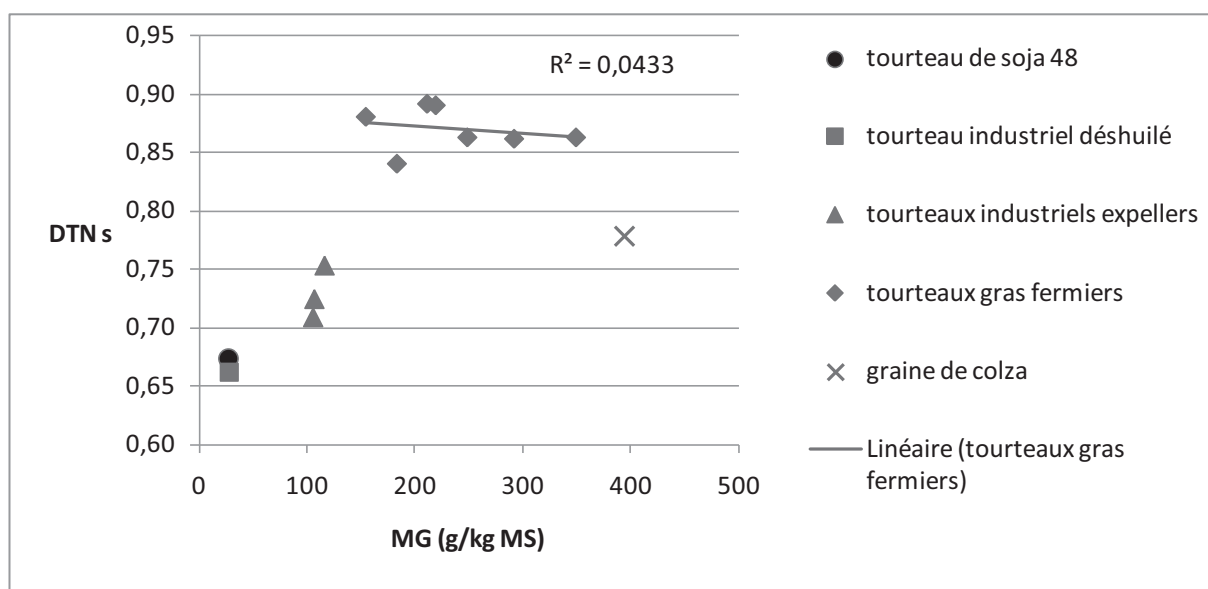
La DTNs des témoins colza (66% pour le tourteau de colza et 78% pour les graines de colza) a été proche des valeurs de tables INRA-AFZ (Sauvant et al., 2004) (respectivement 69% et 79%). Les témoins permettent de valider notre protocole expérimental. La valeur déterminée pour le tourteau de soja (67%) a été supérieure à la valeur des tables (63%), mais l'écart reste



dans une zone plausible de variabilité, eu égard à la diversité des provenances de tourteaux de soja.

La DTNs des tourteaux fermiers a été comprise entre 84 et 89%, avec une moyenne à 87%. Cette valeur de DTNs a été indépendante de la teneur en MG (graphique 6,  $R^2=0,0439$ ) et supérieure à la valeur de DTNs de la graine.

La DTNs des tourteaux expellers a été comprise entre 71 et 75%, avec une moyenne à 73%. Le faible nombre d'échantillons (3) ne permettent pas d'établir une corrélation entre la MG et la DTNs des tourteaux expellers.



Graphique 6 : liaison entre teneur en MG et DTNs.

### 2.3. Détermination de la DE1, calcul de la DTNe (DTN enzymatique) et corrélation avec la DTNs.

Le tableau 13 reprend les DE1 pour les différents aliments, et les DTNe calculées

La DE1 des tourteaux gras fermiers se situe entre 0,55 et 0,75, la DE1 des tourteaux industriels expellers est comprise entre 0,41 et 0,50. Les DTNe obtenues sont comprises entre 0,82 et 0,88, les différences avec les DTNs sont faibles, comprises entre 0,3% et 3,3% (moyenne 1,2%) pour les tourteaux gras fermiers. Cette différence est plus élevée avec les tourteaux industriels expellers (entre 9,8% et 2,4% ; en moyenne 6,7%).

**Tableau 17 : valeurs DE1 et DTN calculée à partir de la DE1 des différents aliments, et écart relatif entre les DTN mesurées *in sacco* et par méthode enzymatique**

| Aliments                        |                              | DE1         | DTNe        | Différence DTNs-<br>DTNe(%) |
|---------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| Tourteaux industriels expellers | 1-Ext-Co                     | 0,41        | 0,77        | -8,1                        |
|                                 | 2-EpiSSg-Co                  | 0,50        | 0,80        | -9,8                        |
|                                 | 3-EpiAvg-Co                  | 0,41        | 0,77        | -2,4                        |
|                                 | <i>Moyenne</i>               | <i>0,44</i> | <i>0,78</i> | <i>-6,7</i>                 |
| Tourteaux gras fermiers         | 4-JCG-Co                     | 0,71        | 0,88        | -1,7                        |
|                                 | 6-SC-Co                      | 0,74        | 0,89        | -1,1                        |
|                                 | 7JMC-Co                      | 0,65        | 0,86        | 0,6                         |
|                                 | 8-NT-Co                      | 0,73        | 0,89        | -2,9                        |
|                                 | 9-DR-Co                      | 0,68        | 0,87        | -3,3                        |
|                                 | TX-5JPV                      | 0,75        | 0,89        | 0,5                         |
|                                 | TX-5JPV -11°C                | 0,73        | 0,89        | -0,4                        |
|                                 | <i>Moyenne</i>               | <i>0,71</i> | <i>0,88</i> | <i>1,2</i>                  |
| Témoins                         | Tourteau industriel déshuilé | 0,17        | 0,69        | -3,6                        |
|                                 | Graine de colza              | 0,55        | 0,82        | -5,2                        |
|                                 | Tourteau de soja 48          | 0,38        | 0,65        | 3,0                         |

#### **2.4. Effet de la conservation en élevage.**

Aucun effet de la conservation n'a été remarqué sur la DTNs (0,89 pour les deux échantillons TX-5) et sur la DE1 (0,73 et 0,75). Le tourteau est resté 3 mois en élevage. Cette absence d'effet devra être vérifiée avec d'autres échantillons conservés pendant 6 mois.

#### **2.5. Valeurs PDI**

Les valeurs PDI ont été calculées comme indiqué au paragraphe 1.3. de la partie bibliographique, avec la dr des tables (Sauvant et al., 2004), soit 79% pour les tourteaux de colza, 80% pour la graine de colza et 95% pour le tourteau de soja.

Tableau 18 : valeurs PDIA, PDIMN, PDIME (g/kg MS) calculées à partir des dégradabilités *in sacco* (indice s) et enzymatique (indice e) des différents aliments.

| Aliments                     |                | PDIA <sub>s</sub> | PDIMN <sub>s</sub> | PDIME <sub>s</sub> | PDIA <sub>e</sub> | PDIMN <sub>e</sub> | PDIME <sub>e</sub> |
|------------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Tourteaux<br>expellers       | 1-Ext-Co       | 88                | 134                | 45                 | 69                | 148                | 47                 |
|                              | 2-EpiSSg-Co    | 80                | 132                | 44                 | 57                | 148                | 48                 |
|                              | 3-EpiAvg-Co    | 73                | 142                | 45                 | 68                | 146                | 45                 |
|                              | <b>Moyenne</b> | <b>81</b>         | <b>136</b>         | <b>44</b>          | <b>65</b>         | <b>147</b>         | <b>46</b>          |
| Tourteaux<br>fermiers        | 4-JCG-Co       | 31                | 126                | 36                 | 27                | 128                | 36                 |
|                              | 6-SC-Co        | 34                | 163                | 52                 | 31                | 165                | 53                 |
|                              | 7JMC-Co        | 31                | 125                | 42                 | 32                | 125                | 42                 |
|                              | 8-NT-Co        | 29                | 116                | 39                 | 23                | 120                | 40                 |
|                              | 9-DR-Co        | 40                | 136                | 47                 | 33                | 141                | 48                 |
|                              | TX-5JPV        | 29                | 155                | 49                 | 30                | 154                | 49                 |
|                              | TX-5JPV -11°C  | 29                | 154                | 49                 | 28                | 156                | 49                 |
|                              | <b>Moyenne</b> | <b>32</b>         | <b>140</b>         | <b>45</b>          | <b>29</b>         | <b>141</b>         | <b>45</b>          |
| Tourteau industriel déshuilé |                | 105               | 128                | 52                 | 98                | 133                | 53                 |
| Graine de colza              |                | 35                | 78                 | 16                 | 33                | 80                 | 17                 |
| Tourteau de soja 48          |                | 177               | 189                | 61                 | 189               | 182                | 59                 |

Les résultats des témoins (tourteaux de colza industriel, graine, tourteau de soja 48) sont inférieurs aux valeurs des tables (Sauvant et al., 2004 et INRA, 2007), sauf la valeur PDIE du tourteau de colza industriel déshuilé.

Les valeurs PDIN des tourteaux gras sont comprises entre 145 g/kg et 198 g/kg MS, et les valeurs PDIE entre 66 g/kg et 87 g/kg MS.

En accord avec les données INZO (2007), les tourteaux industriels expellers ont des valeurs PDIN proches des valeurs du tourteau industriel déshuilé malgré une teneur en matière grasse 2 à 3 fois supérieure, mais une valeur PDIE nettement plus faible (en moyenne 125 g/kg MS contre 158 pour le tourteau déshuilé).

Les tourteaux fermiers ont des valeurs PDI nettement inférieures aux tourteaux expellers même pour des teneurs en matière grasse similaires.

Pour les tourteaux gras fermiers, les valeurs PDI calculées à partir de la DE sont proches des valeurs PDI obtenues à partir de la DT. Les différences n'excèdent pas 2% avec une moyenne

de 0,3% pour les PDIN. Les différences sont plus élevées pour les PDIE avec une différence moyenne de 2,9% et des extrêmes à 1,1% et 7,7%.

Pour les tourteaux industriels expellers, les différences entre les valeurs de PDIN obtenues *in sacco* et par la méthode enzymatique sont assez faibles. Ces différences sont plus importantes pour les valeurs PDIE, comprises entre 4,2% et 15,2%, les fortes différences étant observées avec les tourteaux obtenus sans réintroduction de gommages.

**Tableau 19 : valeurs PDIN, PDIE (g/kg MS) obtenues à partir de la dégradation *in sacco* et enzymatique de différents aliments.**

| Aliments            |                              | PDINs               | PDIEs      | PDINe      | PDIEe      | Différence PDIN (%) | Différence PDIE (%) |      |
|---------------------|------------------------------|---------------------|------------|------------|------------|---------------------|---------------------|------|
| Tourteaux expellers | 1-Ext-Co                     | 223                 | 133        | 217        | 116        | 2,3                 | 12,7                |      |
|                     | 2-EpiSSg-Co                  | 212                 | 123        | 205        | 105        | 3,0                 | 15,2                |      |
|                     | 3-EpiAVg-Co                  | 215                 | 118        | 213        | 114        | 0,7                 | 4,2                 |      |
|                     | <i>Moyenne</i>               | <i>217</i>          | <i>125</i> | <i>212</i> | <i>114</i> | <i>2,0</i>          | <i>10,8</i>         |      |
| Tourteaux fermiers  | 4-JCG-Co                     | 157                 | 66         | 156        | 64         | 0,6                 | 4,6                 |      |
|                     | 6-SC-Co                      | 198                 | 86         | 197        | 84         | 0,4                 | 3,0                 |      |
|                     | 7JMC-Co                      | 156                 | 73         | 157        | 74         | -0,2                | -1,5                |      |
|                     | 8-NT-Co                      | 145                 | 68         | 143        | 64         | 1                   | 7,1                 |      |
|                     | 9-DR-Co                      | 175                 | 87         | 174        | 81         | 1,1                 | 7,3                 |      |
|                     | TX-5JPV -11°C                | 184                 | 78         | 184        | 79         | -0,2                | -1,3                |      |
|                     | TX-5JPV ambient              | 184                 | 78         | 184        | 77         | 0,1                 | 1,1                 |      |
|                     | <i>Moyenne</i>               | <i>171</i>          | <i>77</i>  | <i>171</i> | <i>75</i>  | <i>0,4</i>          | <i>2,9</i>          |      |
| Témoins             | Tourteau industriel déshuilé | <i>in sacco</i>     | 233        | 158        | 232        | 151                 | 0,9                 | 4,4  |
|                     |                              | Sauvant et al, 2004 | 247        | 155        |            |                     |                     |      |
|                     | Graine de colza              | <i>in sacco</i>     | 113        | 52         | 113        | 49                  | 0,6                 | 4,1  |
|                     |                              | Sauvant et al, 2004 | 130        | 66         |            |                     |                     |      |
|                     | Tourteau de soja 48          | <i>in sacco</i>     | 366        | 238        | 371        | 248                 | -1,3                | -4,5 |
|                     |                              | Sauvant et al, 2004 | 377        | 261        |            |                     |                     |      |

### **3. Discussion.**

#### **3.1. Dégradabilité des tourteaux fermiers.**

En l'absence de chauffage pour le pressage de ces tourteaux, on pouvait s'attendre à une DTN voisine de celle la graine (Doreau *et al.*, 2006). La DTNs élevée observée est difficile à expliquer, et il est difficile d'écarter des raisons méthodologiques tenant à la méthode de broyage. La graine n'a été broyée qu'une fois en laboratoire, alors que le tourteau a subi deux broyages (broyage pendant la trituration et rebroyage au laboratoire).

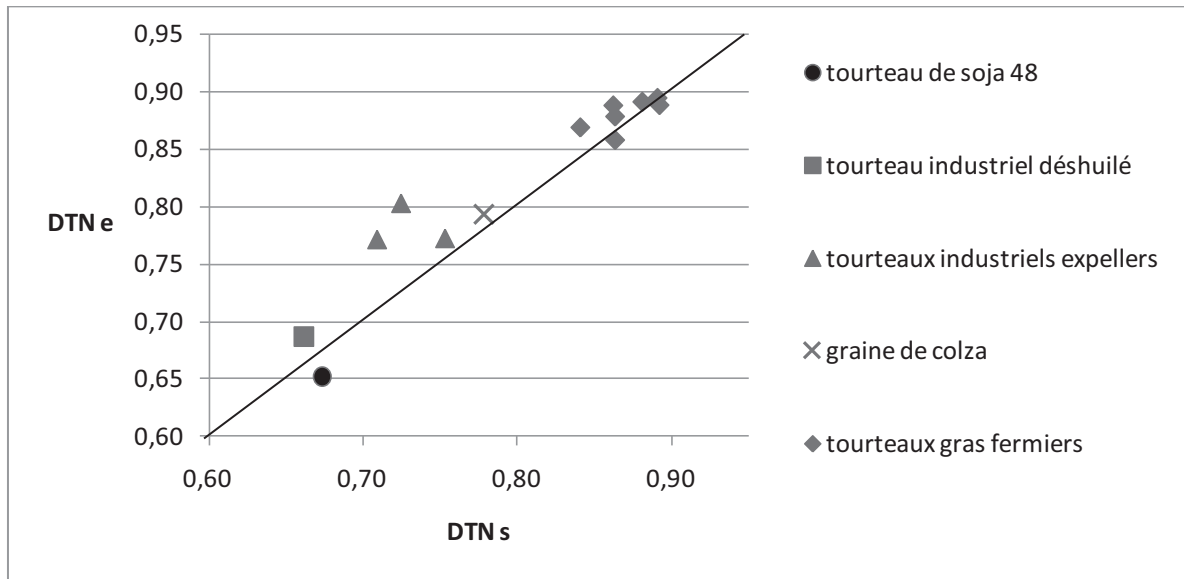
Ces valeurs sont en accord avec les valeurs de DTN trouvées par INZO (2007).

#### **3.2. Dégradabilité des tourteaux expellers.**

La dégradabilité des tourteaux expellers est intermédiaire entre le tourteau de colza industriel et la graine. Ce constat est relativement conforme aux attentes car le traitement thermique du process d'obtention des tourteaux industriels expellers est moins drastique pour la solubilité des protéines que le traitement hydrothermique (injection de vapeur) pratiqué pour la désolvantation des tourteaux industriels.

#### **3.3. Liaison DE1-DTN.**

La DE1 a permis une très bonne prédiction de la DTN des tourteaux fermiers (graphique 7), du tourteau industriel et de la graine de colza (différences inférieures à 3%, moyenne 0,5%). Par contre, elle a surestimé de 2 à 8% la DTN des tourteaux expellers. Il est difficile d'établir des équations de corrélation avec seulement trois échantillons, une nouvelle série d'analyses permettrait d'établir un nouveau  $\Delta$  pour ce type d'aliment. Il est seulement possible d'observer que les tourteaux sans réintroduction de gommés (1-Ext-Co, 2-EpiSsg-Co) ont des différences DTNe - DTNs plus importantes que les valeurs du tourteau avec réintroduction de gommés (3-EpiAvg-Co). La présence de gommés pourrait influencer sur l'estimation de la DTN à partir de la DE, mais cette observation nécessite d'être confirmé par des essais incluant plusieurs échantillons de tourteaux industriel expellers avec et sans réintroduction de gommés.



Graphique 7 : liaison DTN *in sacco* et DTN calculée à partir de la DE1.

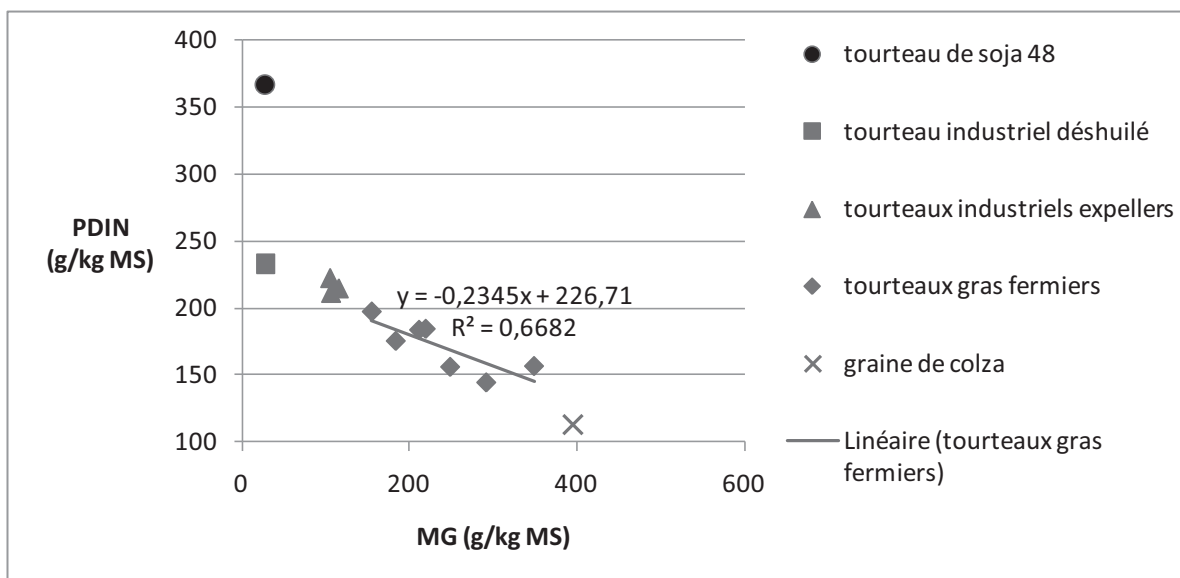
### 3.4. Valeurs PDI.

Les valeurs PDIMN et PDIME des tourteaux expellers et fermiers sont relativement proches (moyenne à 136 et 140 g/kg MS respectivement pour les PDIMN, 44 et 45 g/kg MS pour les PDIME). La différence des valeurs PDIN et PDIE entre les tourteaux expellers et fermiers s'explique par les écarts entre les valeurs PDIA (73 et 32 g/kg) : la forte DT et la faible teneur en MAT pénalisent les tourteaux fermiers.

#### 3.4.1. Valeurs PDIN.

L'évaluation de la valeur PDIN des tourteaux gras fermiers avec la seule teneur en matière grasse ne peut être qu'approximative, l'équation obtenue à partir des résultats *in sacco* ayant un coefficient de détermination relativement faible.

$$\text{PDIN (g/kg MS)} = - 0,2347 \text{ MG (g/kg MS)} + 226,99 \text{ avec } R^2 = 0,668$$

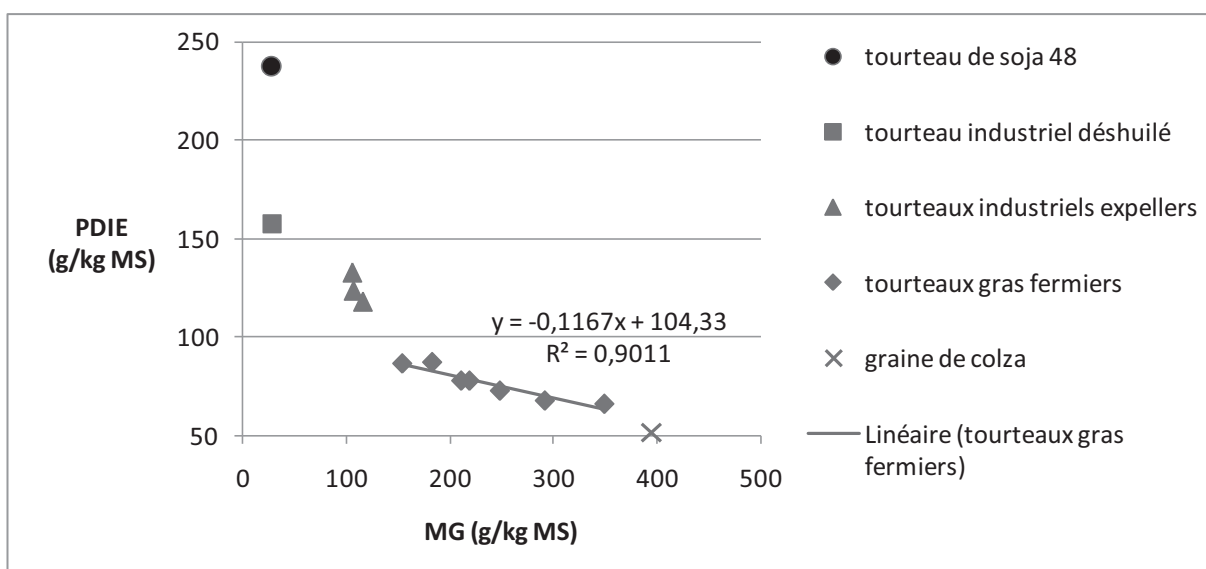


Graphique 8 : valeurs PDIN en fonction de la matière grasse

### 3.4.2. Valeurs PDIE.

Les valeurs PDIE des tourteaux gras fermiers sont fortement corrélées à la teneur en matière grasse ( $R^2 = 0,90$ ). Les données obtenues à partir des expériences *in sacco* permettent de prédire la valeur PDIE à partir de la valeur de la matière grasse grâce à l'équation :

$$\text{PDIE (g/kg MS)} = -0,1171 \text{ MG (g/kg MS)} + 104,79 \text{ avec } R^2 = 0,9102$$



Graphique 9 : valeurs PDIE en fonction de la matière grasse.

### **3.5. Effet du mode de conservation sur les valeurs PDI.**

Tout comme pour les valeurs DTN, peu d'effets du mode de conservation ont été remarqués sur les valeurs PDIN et PDIE. Ces effets n'ont cependant été mesurés que pour une conservation de 3 mois. D'autres essais seront nécessaires pour généraliser cette observation à des périodes de conservation plus longues en se limitant à 6 mois (période de conservation maximale en ferme, Veau et al., 2006).

### **3.6. Incorporation des tourteaux gras dans l'alimentation animale.**

Les faibles valeurs PDI des tourteaux gras de colza fermiers leur confèrent une faible valeur protéique pour un correcteur azoté. En prenant la valeur moyenne PDIN des tourteaux gras fermiers (171 g/kg MS) et la valeur PDIN du tourteau de soja des tables INRA 2007 (377 g/kg MS), 2,2 kg de tourteau de colza fermier sont nécessaires pour substituer 1 kg de tourteau de soja. Leur forte teneur en matière grasse ne permet pas une forte incorporation dans la ration de bovins. Il paraît donc difficile de n'utiliser que du tourteau de colza fermier comme correcteur azoté de rations pour vaches laitières. Pour ne pas dépasser la limite de 5% de matière grasse dans une ration de vache laitière, l'incorporation de tourteaux gras à 18% de matière grasse doit être inférieure à 3 kg/vache/jour. L'utilisation de tourteau gras à 18% de matière grasse ne permet alors de substituer qu'1,4 kg de tourteau de soja 48. Cette quantité paraît faible pour compléter des rations de base déficitaires en protéines comme des rations à base d'ensilage de maïs, qui nécessitent en moyenne 3 kg de tourteau de soja comme correcteur azoté.

Les plus faibles besoins en protéines des vaches allaitantes permettent l'incorporation des tourteaux gras de colza comme seul correcteur azoté dans des rations de stabulation type (foin + céréales).

### **3.7. Intérêt de la mesure de la dégradabilité enzymatique des tourteaux gras pour la détermination de leurs valeurs azotées.**

L'estimation des valeurs PDIN et PDIE calculée à partir de la DTe permet d'approcher très précisément les valeurs PDIs pour les tourteaux fermiers ( $R^2 = 0,98$ ).

La prédiction de la valeur PDIN des tourteaux industriels expellers à partir de la DE1 permet une bonne approche de la valeur PDINs. Cette prédiction est néanmoins plus éloignée de la

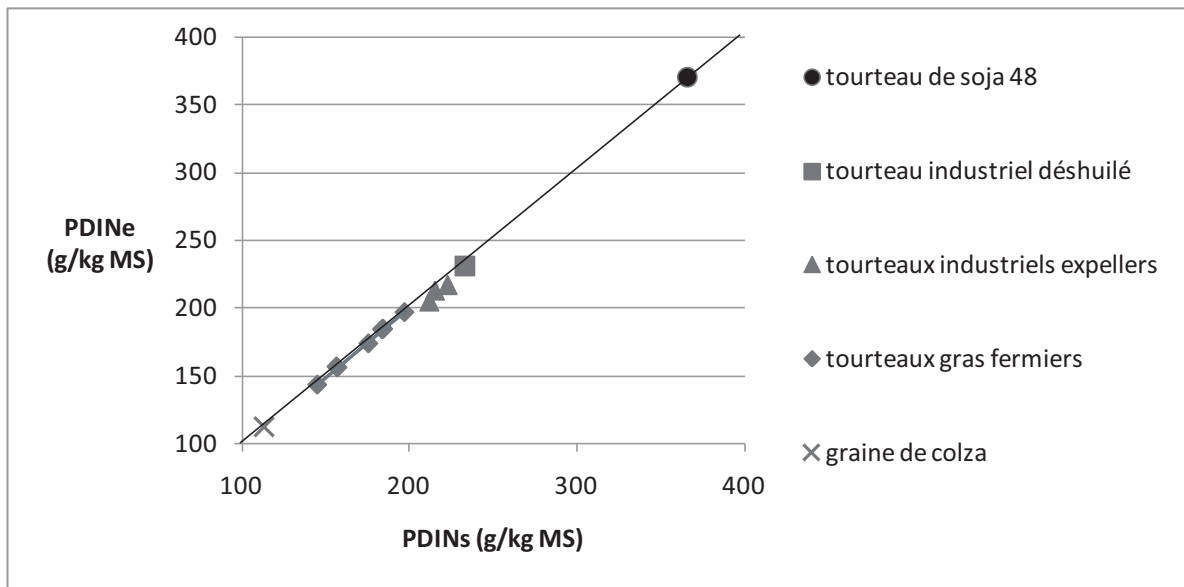


valeur obtenue *in sacco* pour les PDIE. En effet, la DE1 surestime la dégradabilité de l'azote. Cette surestimation entraîne une valeur PDIAe plus faible que PDIA<sub>s</sub> (cf tableau 17). Cette différence est compensée dans le calcul de la valeur PDIN par une plus forte valeur de PDIMNe que PDIMNs. Cette compensation n'existe pas dans le calcul des PDIE puisque la valeur de DTN influe très peu sur la valeur de PDIME. Les valeurs PDIE des tourteaux expellers sont donc sous-estimées par la dégradation enzymatique, la différence avec la méthode *in sacco* est en moyenne de 10%, soit environ 12g/kg.

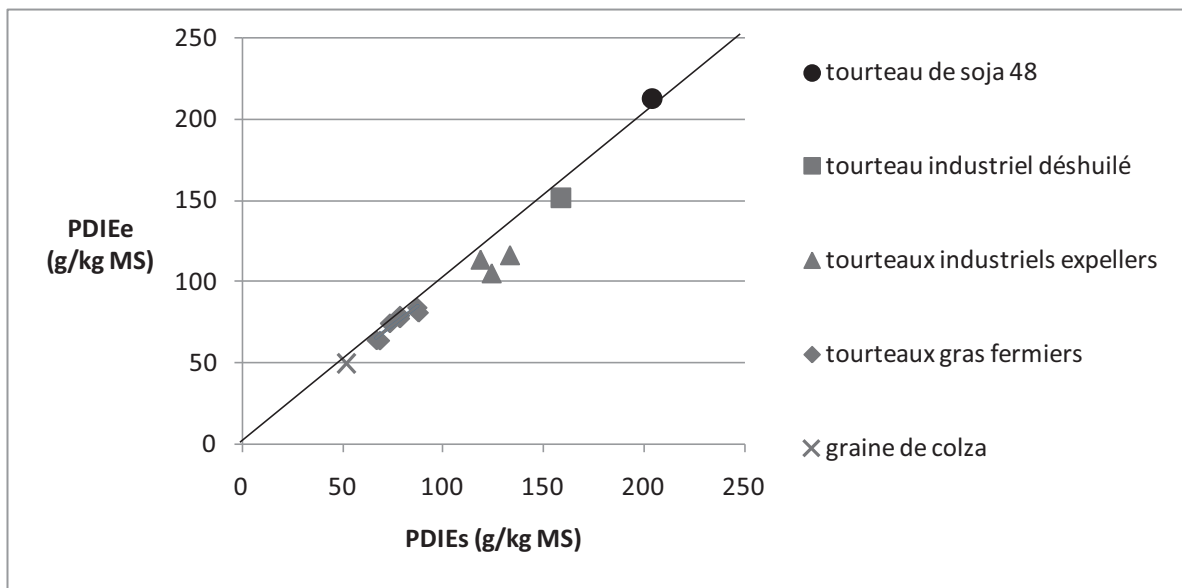
L'établissement d'un nouveau  $\Delta$  pour les tourteaux industriels expellers de colza dans l'équation

$$DT = 0.36 * DE_1 + 0.479 + \Delta$$

permettrait une meilleure prédiction de la DT, et par conséquent une meilleure prédiction de la valeur PDI. Le faible nombre d'échantillons dans cet essai ne permet cependant pas d'établir ce nouveau  $\Delta$ .



Graphique 10 : liaison entre les valeurs PDIN obtenues à partir de la DT *in sacco* ou enzymatique.



Graphique 11 : liaison entre les valeurs des PDIE obtenues à partir de la DT *in sacco* ou enzymatique.

## Conclusion

La dégradabilité des tourteaux de colza gras fermiers est supérieure à la dégradabilité de la graine, elle est indépendante de la teneur en matière grasse. Cette forte dégradabilité, et donc des valeurs PDI faibles, est un facteur limitant supplémentaire à son utilisation dans des rations pour ruminants, le premier facteur limitant étant la forte teneur en matière grasse. L'équation de prédiction de DTN à partir de DE avec l'équation proposée pour les tourteaux de colza industriel semble satisfaisant pour une bonne évaluation des valeurs PDI.

La dégradabilité mesurée sur 3 échantillons de tourteaux expellers est comprise entre celle des tourteaux industriels et de la graine. Ces valeurs PDI proches des valeurs d'un tourteau de colza industriel leur confèrent une valeur protéique intéressante pour l'utilisation dans l'alimentation de bovins laitiers. De plus les tourteaux expellers possèdent une valeur énergétique supérieure à celle des tourteaux industriels, compte tenu de leur quantité de matière grasse résiduelle. Cette teneur en matière grasse reste tout de même assez faible pour ne pas entraîner des problèmes d'excès de matière grasse dans la ration. Cependant l'équation proposée par l'INRA pour calculer la DTN à partir de la DE des tourteaux industriels déshuilés, satisfaisante pour les tourteaux gras fermiers, paraît perfectible pour les tourteaux industriels expellers pour approcher la valeur PDIE au mieux.

Les réformes PAC 2010 mettent en œuvre une aide à la diversification de l'assolement. Pour cela, l'assolement doit comporter 4 cultures différentes avec pour chacune une surface minimale de 5% de la SCOP (surfaces en céréales, oléagineux et protéagineux). La mise en culture de 5% de la SCOP en oléagineux donne droit à une prime. La culture du colza présente l'avantage d'être un facteur de diversification des rotations, ce qui se traduit par des rendements améliorés des céréales. On observe également une diminution globale des problèmes sanitaires et donc des coûts de produits phytosanitaires (CETIOM, 2009). Le calendrier de culture du colza et notamment la date de semis s'intercale bien avec celui des autres types d'assolement. Ces nouvelles réformes PAC favorisent donc la culture du colza et donc la fabrication de tourteaux de colza.

Cette incitation financière couplée à la méfiance de la population sur le tourteau de soja OGM largement importé en France plaide en faveur de la mise en place de colza dans l'assolement des agriculteurs français et dans l'alimentation de leurs animaux.

Au vu des valeurs protéiques, seuls les tourteaux industriels expellers présentent un intérêt en tant que correcteur azoté dans des rations de vaches laitières. Les tourteaux gras fermiers peuvent trouver leur place dans des rations de vaches allaitantes, pour lesquelles les déficits en protéines sont en général plus faibles que pour des vaches laitières.

## Bibliographie

1. ADEME, 2004. Huile végétale pure et tourteaux – Comment les produire et les utiliser ?
2. Anonyme. 2009. CETIOM. Atouts du colza : agronomie et environnement. <http://www.cetiom.fr/index.php?id=11977>. 4 p.
3. Anonyme. Du tourteau de colza dans la ration. 2008. *Agriculture Drômoise*. 1826 : 5.
4. AUFRERE J., CARTAILLER D. 1988. Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen. *Ann. Zoot.* 37, 255-270.
5. AUFRERE, J., D. GRAVIOU, C. DEMARQUILLY, R. VERITE, B. MICHALET-DOREAU, P. CHAPOULOT. 1989. Aliments concentrés pour ruminants : prévision de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. *INRA Prod. Anim.* 2 , 249-254.
6. BERTIN, M-A., D. BASTIEN, F. CHAIGNEAU, J. MOLLE, A. JOULIE. 2008. Valorisation des tourteaux fermiers de colza en production de viande bovine – Essai sur jeunes bovins charolais. Compte-rendu de synthèse des essais réalisés à la Station des Etablières. *Institut de l'élevage, chambre d'agriculture de la Vendée, station des Etablières, chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire*. 33 p.
7. BRUNSCHWIG, P. 2006. Produire son correcteur azoté - Les vaches laitières valorisent bien les tourteaux de colza fermiers. *Cap élevage n°1*. 12-13 p.
8. BRUNSCHWIG, Ph., J.-M. LAMY, A. QUINSAC, C. PEYRONNET, P. CARRÉ. 2005. Valorisation de tourteaux de colza artisanaux dans des rations pour vaches laitières. *Rencontres Recherche Ruminants*. 121.

9. BRUNSCHWIG, PH., J-M. LAMY. 2006. Valorisation de tourteaux de colza fermiers dans des rations pour vaches laitières. *Rencontre Recherche Ruminants*. 13 :124.
10. BRUNSCHWIG, PH., J-M. LAMY. 2006. Production de diester à la ferme : possibilités et conséquences de la production et de l'utilisation des tourteaux produits. *Journées AFPF-Prairies, élevage, consommation d'énergie*. 139-146 p.
11. BRUNSCHWIG, PH., JP. FARRIE, L. SAGOT, MC. LECLERC, G. BRANDON, G. CABON. 2008. Les tourteaux gras pour les ruminants – Mode d'emploi. Institut de l'élevage, Arvalis.
12. BRUNSCHWIG, PH., L.ALLIBERT. 2007. Production et utilisation de tourteaux gras fermiers : le cas du pressage de colza à la ferme. Journées AFTAA « les coproduits des biocarburants».
13. CARRE P. 2006. Trituration et huilerie. *ADEME – journées techniques*.
14. Centre de ressources sur les semences et les espèces végétales. Intérêts agronomiques et économiques du colza. 2007. <http://www.gnis-pedagogie.org/pages/colza/6.htm>.
15. CETIOM. 2008. Stockage à la ferme des oléagineux. *Fiche technique : 1 p*.
16. Chambre d'agriculture 31. 2009. Prévoir son assolement : aides disponibles en 2010. <http://www.agriculture31.com/IMG/pdf/panneau-pac-3.pdf>.
17. CHAPUIS, D., PH.BRUNSCHWIG, N.DELPOUVE, S. TRELAT. Année ? Utilisation de tourteau de colza fermier comme unique correcteur de ration pour vaches laitières. *Rencontre Recherche Ruminants*. 13 : 130.
18. CHILLIARD, Y., A. FERLAY, 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction. Nutrition. Développement*. 44 : 467-492.

19. DOREAU, M., C.PEYRONNET, Ph. BRUNSCHWIG, A. QUINSAC, D. SAUVANT 2006. Evaluation de la valeur énergétique et azotée des tourteaux gras à partir des valeurs tabulées des graines et des tourteaux classiques. *Rencontre Recherche Ruminants*. 13 : 108.
20. EYNARD, P. 2002. Etude *in vitro* de la biohydrogénation ruminale des acides gras d'un mélange graine de colza-tourteau de colza et de la graine de soja chez la vache laitière : influence de l'extrusion. *Thèse vétérinaire, ENVT, 75p.*
21. HOUSSIN, B., F.CHENAIS, C. PEYRONNET, A. HARDY. 2006. Utilisation de tourteaux gras de colza par les vaches laitières sur les rations foin ventilé et maïs ensilage - Influence sur les performances zootechniques et sur la composition de la matière grasse du lait. *Prairiales normandes*.
22. INRA. 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins – Besoins des animaux – Valeurs des aliments. *INRA Editions Quae : 307 p.*
23. INZO. 2007. Tourteaux de colza gras : cinétique de dégradation *in sacco*. *Recherche Développement Ruminants*.
24. JOSSART, JM., P. NIJSKENS, M-S. REMACLE. 2005. Les biocarburants en Wallonie. *Valbiom.117 p.*
25. LARBERGERE, C. 2006. Les tourteaux gras ou tourteaux expellers et leur valorisation en alimentation animale. *CETIOM, Service Valorisation et Transformation des graines. 67 p.*
26. LAUGE, V., L. ALIBERT. 2006. Le tourteau de colza gras : Etat des lieux et approche technico-économique en élevage porcin. *ENSAT, IFIP, mémoire de fin d'études.86 p.*
27. LEFRILEUX, Y., A. POMMARET. 2008 Utilisation du tourteau gras de colza chez la chèvre laitière : incidences zootechniques et impacts sur la transformation fromagère. *Rencontres Recherches Ruminants. 15 : 296.*

28. MANDIKI, S.N.M., JL. BISTER, G. DERYCKE, N. MABON, JP. WATHELET, M. MARLIER, R. PAQUAY. 1999. Potentialités du tourteau de colza pour l'engraissement des ruminants : performances zootechniques, sécrétions hormonales et devenir des substances anti-nutritionnelles. *Rencontre Recherche Ruminants*. (6), 151-154.
29. MANDIKI, S.N.M., JL. BISTER, G. DERYCKE, N. MABON, JP. WATHELET, M. MARLIER, R. PAQUAY. 2000. Les potentialités du tourteau de colza pour l'engraissement de jeunes ruminants. *Presses Universitaires de Namur*. 23-54.
30. MAYOMBO, AP., P. BALDWIN, JP. WATHELET, M. MARLIER, L. ISTASSE. 1997. Incorporation de tourteau de colza obtenu par pression dans une ration d'engraissement chez le taurillon. I. Ingestion, digestibilité et fermentation dans le rumen. *Annales Zootechnie*. 46, 57-70.
31. MICHALET-DOREAU B., VERITE R., CHAPOUTOT P. 1987. Méthodologie de la mesure *in sacco* de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 69, 5-7.
32. NOVAK, M-H., J-M. JOSSART. 2004. Diversification agricole : guide pour la production et les débouchés d'huile et de tourteau de colza à la ferme. Valbiom. 31-32.
33. ORSKOV, E.R., J. Mc DONALD. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92, 499-503.
34. QUINSAC, A. 2005. Le tannage thermique des tourteaux de colza, alternative au traitement chimique. *CETIOM, Rapports d'activité*. 39-40.
35. QUINSAC, A., P. BRUNSCHWIG, P. CARRE, J. EVRARD, JP. LOISON, C. PEYRONNET. 2005. Development of processes for partial de-oiling of rapeseed for dairy cows feeding. *ISF Congress, Prague, September 26-28*.



36. QUINSAC, A., P. BRUNSCHWIG, P. CARRE, J. EVRARD, JP. LOISON, K. CREPON, C. PEYRONNET, JC. SOURIE. 2007. Du tourteau de colza pour une filière tracée en élevage laitier. *Oléoscope n°88*.
37. QUINSAC, A., P. CARRE, K. CREPON, J. EVRARD, C. LABERGERE, JP. LOISON, C. PEYRONNET. 2007. Utilisation des tourteaux gras de colza et tournesol à la ferme. *CETIOM, Oléoscope n°85*.
38. SAUVANT, D., J-M PEREZ, G. TRAN. 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. *INRA Edition-AFZ : 301p*.
39. VALBIOM. 2006. Fiche colza 07 : Les qualités nutritives du tourteau de colza gras. *Faculté des sciences agronomiques de Gembloux*.
40. VEAU, C., M-C. LECLERC, J. LUCBERT. 2006. Etat des lieux sur la fabrication, le stockage et l'utilisation des tourteaux gras fermiers de colza et de tournesol pour l'alimentation des bovins : résultats d'enquêtes. *Institut de l'élevage, département techniques d'élevage et qualité service traite et conduite des troupeaux laitiers. 72 p*.
41. VERITE, R., B. MICHALET-DOREAU, P. CHAPOUTOT, J.L. PEYRAUD, C. PONCET. 1987. Révision du système des Protéines Digestibles dans l'Intestin (P.D.I.). *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. (70) 19-34*.
42. VERITE, R., C. DEMARQUILLY. 1978. Qualité des matières azotées des aliments pour ruminants. *La vache laitière. INRA p 143-147*.
43. VERITE, R., D. SAUVANT. 1981. Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants. *Ed. INRA. 279-296*.
44. WATHELET, JP., L. ISTASSE, AP. MAYOMBO, M. MARLIER. 1997. Incorporation de tourteau de colza obtenu par pression dans une ration d'engraissement chez les taurillons. II. Les glucosinolates et leurs dérivés dans le rumen. *Ann. Zoo.. 46, 71-79*.

Toulouse, 2010

NOM : BENDAILH

Prénom : Fabien

TITRE : DEGRADABILITE DE L'AZOTE DE TOURTEAUX GRAS DE COLZA OBTENUS PAR PRESSAGE A CHAUD OU A FROID.

RESUME : Suite à l'autorisation d'utiliser de l'huile végétale comme carburant agricole, des éleveurs se sont équipés de presses permettant d'extraire l'huile des graines de colza. Le coproduit de cette extraction est un tourteau dit gras. Les dégradabilités théorique de l'azote (DTN) et enzymatique de l'azote ont été mesurée sur six échantillons de tourteau gras fermier, trois tourteaux industriels expellers, un tourteau industriel déshuilé et de la graine de colza. La méthode enzymatique a conduit à une DTN supérieure en moyenne de 2,1% à la méthode *in sacco*. *In sacco*, la DTN des tourteaux industriels expellers a été comprise entre 71 et 75%. Cette valeur est intermédiaire entre la valeur de la graine et celle du tourteau déshuilé. Par contre, la DTN des tourteaux gras fermiers a été comprise entre 84 et 89%, sensiblement supérieur à la valeur mesurée pour la graine. Cette DTN élevée peut constituer un facteur limitant pour la valorisation des protéines des tourteaux gras, conduisant à ne les utiliser qu'en complément de rations de base pauvres en azote dégradable (type ensilage de maïs), et en quantité limitée.

MOTS-CLES : DEGRADABILITE THEORIQUE/ ENZYMATIQUE/ TOURTEAUX GRAS/ COLZA/ PRESSION A FROID.

---

ENGLISH TITLE : AZOTE DEGRADABILITY OF RAPESEED MEAL OBTAINED BY HOT OR COLD PRESSURE.

ABSTRACT : After the authorization to use vegetal oil in fuel, the farmers bought oil presses to extract rapeseed oil. The other extraction product is a fat seed meal. The nitrogen theoretic (DTN) and enzymatic degradabilities were measured on six fat rapeseed meal samples, three industrial expeller rapeseed meal, a free-fat industrial rapeseed meal and whole rapeseed. The enzymatic method resulted in a DTN estimation higher than the *in sacco* method (average 2,1%). *In sacco*, the expeller industrial seed meal DTN were included between 71 and 75%, middle between rapeseed and fat-free rapeseed values. However, DTN of fat meals was between 84 and 89 %, upper than rapeseed value. The high DTN could be a limiting factor to the fat rapeseed meal protein valorization, limiting their utilization in complement of ration with low nitrogen level and in limited quantities.

KEYWORDS : THEORIC DEGRADABILITY/ ENZYMATIC/ FAT RAPESEED MEAL/ COLD PRESSURE.