

Ministère des Classes moyennes  
et de l'Agriculture  
DG 6 – Recherche contractuelle  
WTC III – 20<sup>ème</sup> étage  
Boulevard Simon Bolivar, 30  
B-1000 BRUXELLES

Région Wallonne  
Direction générale des Technologies,  
de la Recherche et de l'Energie  
(DGTRE)  
Avenue Prince de Liège, 7  
B-5100 JAMBES

**LES POTENTIALITES DU TOURTEAU DE  
COLZA POUR L'ENGRAISSEMENT DE  
JEUNES RUMINANTS**

LOGO FUNDP

S.N.M. Mandiki, G. Derycke, J.-L. Bister et R. Paquay  
Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (FUNDP)



N. Mabon, J.-P. Wathelet et M. Marlier  
Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (FSAGx)

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

ADN	Acide désoxyribonucléique
Ca	Calcium
DIT	Di-iodo-tyrosine
EN	Energie nette
GH	Hormone de croissance
GOT	Glutamic-oxaloacetic transaminase
GPT	Glutamic-pyruvic transaminase
HES	Hemalum, Erythrosine, Safran
MAD	Matières azotées digestibles
MIT	Mono-iodo-tyronine
MJ	Mégajoule
MO	Molybdène
MS	Matière sèche
NDF	Nitrogen Detergent Fibic
P	Phosphore
PAS	Periodic acid schiff
SCN <sup>-</sup>	Ions thiocyanates
T3	Tri-iodo-thyronine
T4	Thyroxine
TRH	Thyrolibérine
TSH	Hormone stimulatrice de la thyroïde
VEM	Voeder Eenheid Melk
5-VOT	5-vinyl-1,3-oxazolidine-2-thione

## PREFACE

Le colza (*Brassica napus L.*) est une crucifère issue du croisement entre le chou (*Brassica oleracea L.*) et la navette (*Brassica campestris L.*). Celle-ci est très proche du colza, la confusion entre les deux est d'ailleurs assez fréquente. Dans nos contrées, c'est principalement le colza d'hiver que l'on rencontre alors que dans les pays à climat plus froid, les emblavements ont surtout lieu au printemps. En Belgique, on retrouve cette culture presque exclusivement dans la moitié Sud. Selon le recensement agricole pour 1998 et 1999, l'emblavement de colza à des fins alimentaires atteint respectivement 5.285 et 5.900 ha, y compris quelques hectares de navette d'hiver. A cela, il faut ajouter la superficie en colza d'hiver sur jachère agro-industrielle qui est également significative et se situe respectivement à 1.600 et 4.000 ha pour ces deux années. Toutefois, l'Agenda 2000 n'est nullement favorable à cette évolution et les surfaces consacrées aux oléagineux et protéagineux risquent fortement de diminuer à court terme. Ceci ne fera qu'accroître encore davantage le déficit énorme en ressources protéiques au niveau de l'Europe.

Il y a lieu de rappeler à cette occasion que le colza se profile comme biocarburant intéressant dans le contexte du développement de sources énergétiques renouvelables, mais il connaît aussi des applications prometteuses dans les domaines pharmaceutiques, cosmétiques et autres. Cela constitue sans doute un nouveau défi pour le monde agricole à l'aube du prochain millénaire, pour autant que l'environnement technologique, économique et politique y soit favorable. Il est en tout cas indiqué de préparer et de prospecter cette opportunité. Ceci est également vrai pour la valorisation des coproduits qui font inéluctablement partie de ce type de production et qui sont souvent présents en grandes proportions.

Comme c'est très bien illustré dans la présente publication, les graines de colza sont riches en huile et après extraction de celle-ci, le coproduit, c'est-à-dire le tourteau représentant environ 54% du poids des graines, est essentiellement utilisé en alimentation animale. Ce tourteau se caractérise par une teneur en protéines brutes de l'ordre de 35 à 40% et par un excellent spectre d'acides aminés, particulièrement pour les acides aminés soufrés. Vu que les exigences de qualité des cultivars imposées par les nouvelles applications industrielles peuvent diverger de celles requises pour l'utilisation des tourteaux de colza en alimentation animale, il était justifié d'étudier dans un premier temps l'impact de l'incorporation de tourteau provenant de différentes variétés de colza sur les performances zootechniques et d'examiner ensuite s'il y a lieu de formuler des recommandations précises pour les fabricants d'aliments en ce qui concerne les critères quantitatifs et qualitatifs des tourteaux susceptibles d'être incorporés aux rations.

En effet, les graines de colza contiennent un certain nombre de facteurs antinutritionnels qui se retrouvent pour une grande partie dans les tourteaux. Ceci explique que le tourteau de colza suscite actuellement encore de sérieuses réticences auprès des agriculteurs et des fabricants d'aliments. Ces facteurs antinutritionnels sont

essentiellement de trois types : l'acide érucique, les glucosinolates et la sinapine. Bien que d'énormes progrès aient été accomplis au niveau de la sélection pour produire des cultivars pauvres en ces substances, pas mal d'incertitudes persistent encore à l'heure actuelle quant aux implications de ces composés sur le métabolisme des animaux après leur consommation, même s'ils sont présents à de faibles doses. Certes, il existe déjà une littérature bien étoffée sur ce sujet, mais il s'agit dans la plupart des cas d'études partielles et ponctuelles alors que la connaissance de l'ensemble des aspects concernant la réponse des animaux à l'ingestion de ces tourteaux est absolument requise. C'est dans cette optique que l'I.R.S.I.A. (Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture) et ensuite l'Administration Recherche et Développement (DG6) du Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture (Recherche subventionnée), d'une part, et la Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie (DGTRE) de la Région Wallonne, d'autre part, ont encouragé et soutenu financièrement cette étude sur les possibilités d'incorporer du tourteau de colza aux rations pour bovins et ovins à l'engrais, étude de quatre ans dont les principaux résultats sont synthétisés dans la présente brochure.

Les essais en question se sont déroulés simultanément avec des moutons et des taurillons. Si la première espèce est plus maniable à plusieurs points de vue lors de la réalisation des expériences, il n'y a cependant plus guère de doute aujourd'hui que les résultats obtenus sur moutons ne peuvent pas être transposés sans plus aux bovins. Ceci s'est d'ailleurs clairement confirmé tout le long de ce travail.

L'ingestion, la digestion-absorption et l'utilisation métabolique des nutriments sont les étapes clefs déterminant la valeur nutritive des aliments ou des matières premières. Ces processus concernent l'organisme tout entier de l'animal, ce qui implique des investigations plus ciblées au niveau des tissus ou organes des individus, mais en même temps l'étude des réponses globales au niveau des performances zootechniques. Ces approches nécessitent des compétences pluridisciplinaires et complémentaires, notamment au niveau de l'alimentation et la physiologie animale, mais aussi au niveau des moyens analytiques. A cette fin, deux laboratoires renommés dans leurs domaines respectifs se sont associés dans cette étude : d'une part, le Laboratoire de Physiologie Animale des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, sous la direction du Professeur R. Paquay; d'autre part, l'Unité de Chimie générale et organique de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, sous la direction du Professeur M. Marlier. Les tâches du premier laboratoire étaient centrées sur les aspects zootechniques et physiologiques, alors que la deuxième équipe a assuré la partie analytique permettant le suivi métabolique des facteurs antinutritionnels en question. Cette association a été essentielle tout le long de ces travaux. Elle a notamment conduit l'équipe gembloutoise à affiner et étendre les techniques de dosage pour les différentes substances antinutritionnelles rencontrées dans le colza, mais aussi à développer des outils rapides et adaptés pour le contrôle de ces facteurs sur le terrain. D'une façon globale, cette étude s'adresse par conséquent aussi bien aux éleveurs-engraisseurs qu'aux industriels et plus particulièrement aux fabricants d'aliments.

Ces recherches à caractère appliqué ont contribué à élargir et approfondir sensiblement les connaissances sur les implications zootechniques et physiologiques engendrées par l'utilisation du tourteau de colza en tant qu'aliment protéique pour les

bovins et ovins à l'engrais. En particulier, elles ont permis de clarifier un certain nombre de points au niveau de la physiologie digestive qui constituaient jusqu'à ce jour un sérieux frein à l'incorporation de ce tourteau aux rations. Maintenant que les conditions d'utilisation sont précisées et que les principales contraintes sont levées, ce tourteau pourra enfin trouver la place qu'il mérite dans la table des ingrédients alimentaires et la formulation des rations pour le bétail à l'engrais.

Dr. Ir. E. TELLER

Conseiller scientifique

Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture (DG6)

Service "Recherche subventionnée"

Bruxelles

# PREMIERE PARTIE - PROBLEMATIQUE

## I. PROBLEMATIQUE GENERALE

Cette première partie a pour but de situer brièvement la problématique caractérisant les aliments pour bétail, la culture du colza et le tourteau de colza. Elle se poursuit par un résumé de la bibliographie consacrée à ce tourteau.

### 1. Aliments pour bétail

Le secteur de la fabrication des aliments pour le bétail représente en Belgique un chiffre d'affaires annuel de l'ordre de 65 milliards de francs pour une production équivalant à 6,1 millions de tonnes. Environ 20% (1,2 millions de tonnes) de cette production sont destinés aux ruminants.

Au niveau européen et plus encore au niveau belge, le secteur de la fabrication d'aliments pour bétail est fortement tributaire, pour environ deux tiers des besoins, de l'importation de matières premières protéiques. Cette situation est due à une production insuffisante de tourteaux provenant des oléo-protéagineux dans nos régions. Elle est rendue encore plus délicate par la réticence croissante à incorporer des farines d'origine animale dans les aliments composés.

La complémentation azotée des aliments composés pour le bétail est aussi un des principaux facteurs déterminant le coût de ces aliments. Sur base des prix des tourteaux de soja et de colza prévalant sur le marché belge en 1998, on pouvait estimer qu'une incorporation de 20% de tourteaux de colza en lieu et place de tourteau de soja dans les aliments pour bovins permettait de réduire le prix de ces aliments d'au moins 8%.

### 2. Culture et utilisation du colza

Depuis une décennie, la culture du colza s'est fortement développée en Europe. Les emblavements ont été de 2.132.000 ha en 1990, de 2.778.000 ha en 1997 et ils ont été estimés à 3.100.000 ha en 1998. Parmi les raisons de cette évolution, on peut citer le fait que le colza est une des alternatives oléoprotéiques en Union européenne pour les cultures non alimentaires, notamment en matière de jachère. Par ailleurs, en plus de

son utilisation habituelle dans l'alimentation humaine, l'huile de colza connaît de nouvelles utilisations susceptibles de se développer à l'avenir : production de biodiesel, lipochimie, adjuvants ou lubrifiants biodégradables.

Ces nouvelles destinations de l'huile de colza pourraient avoir des conséquences sur les options relatives aux modifications génétiques de cette plante. Alors que depuis quelques décennies, les recherches sont principalement orientées vers une réduction des proportions d'acide érucique et de glucosinolates, elles pourraient à l'avenir être davantage dirigées vers la production de variétés plus énergétiques.

### **3. Tourteau de colza**

Le traitement industriel des graines de colza laisse un sous-produit, le tourteau, qui représente plus de la moitié de la masse des graines et qui constitue une matière première intéressante pour la fabrication d'aliments pour le bétail.

Il comprend en effet de 35 à 40% de protéines sur base de la matière sèche et a une teneur en matières grasses variable selon les méthodes d'extraction de l'huile : plus de 7% si l'extraction se fait par pression (tourteau de pression ou "schilfer") ou environ 2% si l'extraction est réalisée par solvant (tourteau de solvant ou "schroot").

Sur le plan alimentaire, le tourteau de colza présente divers avantages. Ses protéines ont une composition intéressante en acides aminés, notamment les acides aminés soufrés. Ses graines contiennent une proportion élevée d'acides gras insaturés et une teneur intéressante en divers minéraux (Ca, P, Mo) et en vitamines B.

Mais le tourteau de colza a aussi un gros handicap qui est responsable du fait qu'aujourd'hui encore il suscite de fortes réticences, notamment en Belgique, quant à son incorporation dans les aliments pour bétail. Il contient diverses substances, dites antinutritionnelles, qui limitent son utilisation en raison d'éventuels effets néfastes sur l'appétence, les performances zootechniques et la présence de résidus toxiques. Ces substances sont principalement l'acide érucique et les glucosinolates, dans une moindre mesure la phytine, les tannins et la sinapine. De gros efforts ont été consentis pour réduire par sélection ces substances dans les graines. Dès les années 60, la teneur en acide érucique est tombée à moins de 0,5% de la teneur en huile (variétés 0) et celle en glucosinolates à moins de 25  $\mu\text{mol/g}$  dans de nombreuses variétés (variétés 00). Si donc leurs concentrations ont été fortement réduites, ces substances sont néanmoins encore présentes et peuvent poser problème.

## **II. RESUME BIBLIOGRAPHIQUE**

Le tourteau de colza a fait depuis longtemps l'objet de multiples recherches orientées, d'une part, vers l'étude des facteurs antinutritionnels et, d'autre part, vers les conséquences de l'incorporation dans les aliments sur les performances et la santé des animaux d'élevage et de rente.

La suite de ce chapitre est consacrée à un résumé de la bibliographie sur le sujet. Cette bibliographie est essentiellement basée sur diverses revues ou études détaillées (Bell, 1993 ; Fiems and Buysse, 1985 ; Emanuelson *et al.*, 1991 ; Gutzwiller, 1996 ; Hill, 1990 ; Hill *et al.*, 1991 ; Mawson *et al.*, 1993a,b, 1994a,b ; Vanbelle et Tychon, 1986). Ces références ne seront plus reprises dans la suite de ce résumé mais seront complétées par d'autres.

### **1. La valorisation des tourteaux de colza dans l'alimentation**

#### **1.1. Valeur nutritive**

Du point de vue énergétique, le tourteau de colza a une valeur de 10 à 20% inférieure à celle du tourteau de soja (6,4 vs 7,9 MJ EN/kg MS). Cette différence est essentiellement due à une concentration plus élevée en cellulose, elle-même dépendant du taux de pellicules. Elle est responsable d'une digestibilité moindre de la matière organique.

La teneur en protéines du tourteau de colza (35-40%) est aussi inférieure à celle du tourteau de soja (44%). Ces protéines sont riches en acides aminés soufrés et plus particulièrement en méthionine et elles montrent une bonne dégradabilité dans le rumen.

L'huile de colza est riche en acides gras insaturés et contient dès lors une proportion moindre d'acides saturés (8% contre 16%) que le soja.

Le tourteau de colza est aussi, par rapport à celui du soja, plus riche en minéraux essentiels (Ca, P, Mo) et en vitamines B.

Le chauffage du tourteau de colza provoque une réduction de la dégradabilité des protéines (Plaisance *et al.*, 1997), de la matière sèche et des NDF (Chapoutot et Sauvart, 1997) et donc de la digestibilité dans le rumen.



Signalons encore que la sinapine contenue dans le tourteau peut en altérer l'appétence, que les tannins ralentissent la digestion de l'amidon et des protéines et que l'acide phytique a un effet défavorable sur l'absorption des minéraux.

## **1.2. Effets sur les ingestions volontaires d'aliments**

De nombreuses études ont été réalisées dans le but de déterminer les effets de l'introduction de tourteau de colza dans les aliments sur l'ingestibilité de ces aliments. Les résultats dépendent de l'espèce animale, de l'âge des animaux et surtout des concentrations en glucosinolates dans les aliments.

D'une manière générale, on peut conclure qu'une diminution des ingestions volontaires d'aliments due à la présence de tourteau de colza est plus probable chez les monogastriques que chez les ruminants et, pour ces derniers, chez le jeune (veau, agneau) que chez l'animal en croissance et l'adulte. Mais c'est avant tout la concentration en glucosinolates des tourteaux et leur pourcentage d'introduction dans les aliments composés qui sont influents. Si on s'en tient à la définition du tourteau 00, on peut observer que la distribution de ce type de tourteau n'a pas d'effet sur l'ingestibilité des aliments, même si la proportion dans les concentrés atteint 20% chez le taurillon (Andersen et Just, 1979) ou l'agneau et même 25% chez la vache laitière (Papas *et al.*, 1979). Par contre, l'apport de tourteaux riches en glucosinolates (plus de 100  $\mu\text{mol/g}$ ) provoque une diminution des ingestions chez le taurillon (Lardy et Kerley, 1994), comme chez la vache laitière (Papas *et al.*, 1979).

Il convient encore de signaler qu'en introduisant 10% de Canola (colza de type 00) dans la ration de vaches laitières, Khorasani et ses collaborateurs (1991) ont observé une augmentation des ingestions totales.

## **1.3. Effets sur la croissance et la qualité des carcasses**

Comme pour les ingestions volontaires d'aliments, les effets des tourteaux de colza sur la croissance et les gains en poids des animaux dépendent de l'espèce, de l'âge des animaux et des quantités ingérées.

Avec des variétés 00 de colza, l'introduction de 20% de tourteaux dans les concentrés n'a aucun effet sur les gains en poids chez les agneaux et les taurillons (Andersen and Just, 1979), ni chez les porcs (Busato *et al.*, 1991). Vincent *et al.* (1988) n'observe pas d'effet négatif chez des brebis gestantes et allaitantes consommant des concentrés contenant 20% de tourteau avec des teneurs de l'ordre de

100  $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche. Par contre, d'autres auteurs notent des effets négatifs pour de tels aliments ; c'est notamment le cas pour des vaches laitières avec 25% de tourteau dans les concentrés (Papas *et al.*, 1979).

Signalons encore que Hopkins *et al.* (1995) observent une croissance comparable chez des lots d'agneaux pâturant sur colza fourrager et sur des prairies permanentes irriguées.

Les conclusions décrites précédemment pour les gains en poids des animaux sont aussi valables pour les indices de consommation.

Peu d'études ont été réalisées sur les éventuels effets de l'ingestion de tourteau de colza sur la qualité des carcasses. Aucune publication ne fait état d'actions néfastes sur la flaveur de la viande chez le taurillon ou l'agneau. Andersen et Just (1979) ne trouvent aucun effet de concentrés avec 20% de tourteau de variétés 00 sur la qualité de la viande chez des taurillons.

#### **1.4. Effets sur les performances de reproduction**

L'ingestion de fortes doses de glucosinolates peut avoir divers effets néfastes sur la reproduction des animaux de rente. Ces effets consistent soit en une diminution de la fertilité due à une augmentation du nombre d'inséminations pour assurer la gestation et à une diminution du nombre de conceptions à la première insémination, soit à une mortalité embryonnaire accrue, une réduction de la prolificité chez la truie, une diminution du poids des jeunes à la naissance en conséquence d'un ralentissement du transfert des substances nutritives à travers le placenta en cours de gestation, soit à une rétention des arrières-faix ou encore à une augmentation de l'espace intervèlement.

#### **1.5. Effets sur la production et la composition du lait**

Les effets de l'ingestion de tourteaux de colza sur la production laitière sont comparables à ceux sur les ingestions d'aliments et sur la croissance. Ils sont généralement nuls avec des tourteaux 00 mais peuvent devenir marqués pour des proportions élevées de tourteaux à forte teneur en glucosinolates. Signalons toutefois qu'avec 20% de tourteau contenant jusqu'à 100  $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche, aucune réduction de la production de lait n'a été observée par Vincent *et al.* (1988) chez la brebis, alors que chez la vache, l'introduction de 10% de tourteau 00 entraîne une augmentation de la production (Khorasani *et al.*, 1991).

Alors que certains auteurs n'observent pas de modification des teneurs en matières grasses et en protéines du lait lors de la distribution de tourteaux de colza, d'autres notent une diminution de ces concentrations. C'est notamment le cas pour Vincent *et al.* (1988) chez la brebis alors que chez la vache, Khorasani *et al.* (1991) décrivent une réduction du taux des protéines, non des matières grasses.

Les auteurs qui se sont intéressés à la composition en acides gras des matières grasses du lait notent tous que l'introduction de tourteaux de colza dans l'alimentation a pour conséquence une diminution de la proportion des acides à courte et moyenne chaîne (jusqu'au C<sub>16</sub>) et, au contraire, une augmentation des pourcentages des acides en C<sub>18</sub> et surtout des acides polyinsaturés.

Les tourteaux de colza provoquent aussi une diminution de la concentration en iode dans le lait.

### **1.6. Proportions recommandées**

Les proportions de tourteaux de colza qui peuvent être introduites dans les aliments composés dépendent de l'espèce et de l'âge des animaux et surtout de la teneur du tourteau en glucosinolates.

Bjerg et ses collaborateurs (1987) recommandent de ne pas dépasser 2,5 µmol de glucosinolates par g d'aliment. Mawson *et al.* (1994a) avancent des valeurs allant jusque 10 µmol/g MS chez le ruminant.

Pour le reste, au terme de leurs revues, divers auteurs concluent qu'il n'est guère possible de déterminer les teneurs maximales de glucosinolates acceptables dans le colza, ni quelles proportions maximales de tourteaux de colza peuvent être incorporées aux aliments composés.

Certains pensent que des proportions de 20 à 25% de tourteau de variétés 00 peuvent être intégrées dans les aliments de ruminants adultes et notamment de vaches laitières. D'autres estiment que les tourteaux de colza peuvent constituer les seuls suppléments protéiques des aliments de ruminants adultes.

## **2. Effets des tourteaux de colza sur la thyroïde et sur la santé des animaux**

Parmi les effets physiologiques les plus étudiés des tourteaux de colza figurent ceux sur la thyroïde.

L'apport de quantités élevées de tourteau de colza a pour effet de provoquer une augmentation du volume de la thyroïde ou goitre. La hauteur des cellules épithéliales des follicules augmente et il y a apparition de cytoplasme spumeux. Une perte de colloïde est observée. L'importance de ce phénomène dépend de l'espèce et de l'âge de l'animal et des quantités de glucosinolates absorbées. L'hypertrophie de la thyroïde est beaucoup moins fréquente chez le ruminant que chez le monogastrique ; il en est de même chez l'adulte par rapport au jeune. Les variétés 00 du colza n'ont généralement que peu d'effets, y compris chez le porc (Busato *et al.*, 1991) sauf s'ils sont incorporés en forte proportion dans les aliments.

Les dérivés des glucosinolates ont aussi pour effet, notamment chez le porc (Schöne *et al.*, 1997), de provoquer un largage d'iode par la thyroïde, ce qui en diminue la concentration dans les cellules.

Les effets sur les hormones de l'axe hypothalamo-hypophyso-thyroïdien sont aussi variables. En réponse à la TRH, l'hypophyse émet davantage de TSH y compris chez la vache. Dans les cellules thyroïdiennes, on observe parfois une production accrue de MIT et diminuée de DIT. L'émission de  $T_4$  par la thyroïde est souvent diminuée, de même que la concentration plasmatique, ce qui est moins net pour la  $T_3$  (chez la vache et le porc). Ici encore, ces effets dépendent de l'espèce (monogastriques plus sensibles que les ruminants), de l'âge (jeunes plus sensibles que les adultes) et surtout de la dose quotidienne de glucosinolates ingérée. Lardy *et al.* (1993) constatent notamment que la concentration de  $T_4$  dans le sang de vaches ingérant du tourteau de colza riche en glucosinolates (104  $\mu\text{mol/g MS}$ ) diminue. La brebis paraît moins sensible que la vache.

Des effets du tourteau de colza peuvent aussi apparaître au niveau du foie. A dose élevée de glucosinolates, une hypertrophie du foie peut être notée chez les monogastriques (porc, poulet, souris, rat) avec production accrue de ADN, alors que chez les ruminants le risque semble faible. Chez le poulet, l'apparition d'hémorragies hépatiques est signalée par divers auteurs.

Certains dérivés de glucosinolates peuvent avoir un effet bénéfique au niveau hépatique. Ils augmentent la synthèse des enzymes détoxifiants capables de provoquer une destruction plus rapide des aflatoxines.

L'ingestion de tourteau de colza peut aussi avoir des conséquences sur d'autres organes. Des troubles du rein et des glandes surrénales ont été signalés, de même qu'une diminution de la résistance aux maladies et une augmentation du risque

d'acétonémie. Un largage accru d'iode par le placenta et la glande mammaire et inversement, une meilleure résistance du lait à la dénaturation métabolique ont aussi été décrits.

### 3. Les glucosinolates et leurs dérivés

#### 3.1. Description

Parmi les substances antinutritionnelles contenues dans le colza, ce sont principalement les glucosinolates qui risquent de poser problème.

Les glucosinolates sont des  $\beta$ -thio-D-glucopyranosides anioniques (à structure largement commune) dont la partie aglycone est variable (figure 0.1).

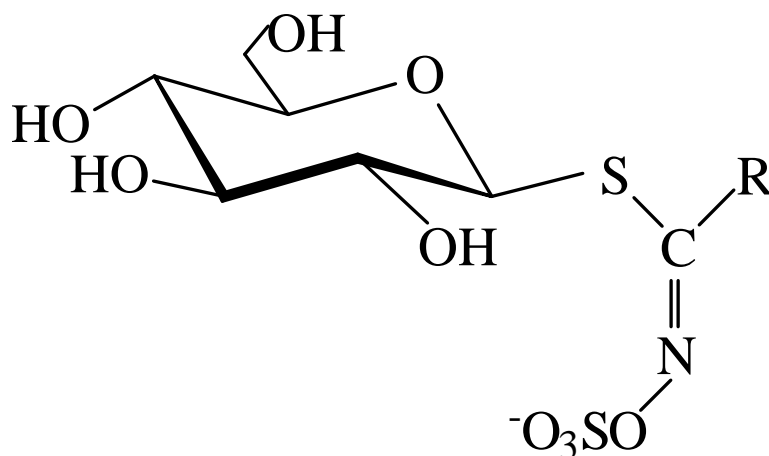


Figure 0.1. Structure générale d'un glucosinolate.

Il en existe une multitude dans la nature (tableau 0.1), dont les plus abondamment représentés dans les graines de colza sont la progoitrine, la gluconapine, la glucobrassicinapine, la 4-hydroxyglucobrassicine et la glucobrassicine.

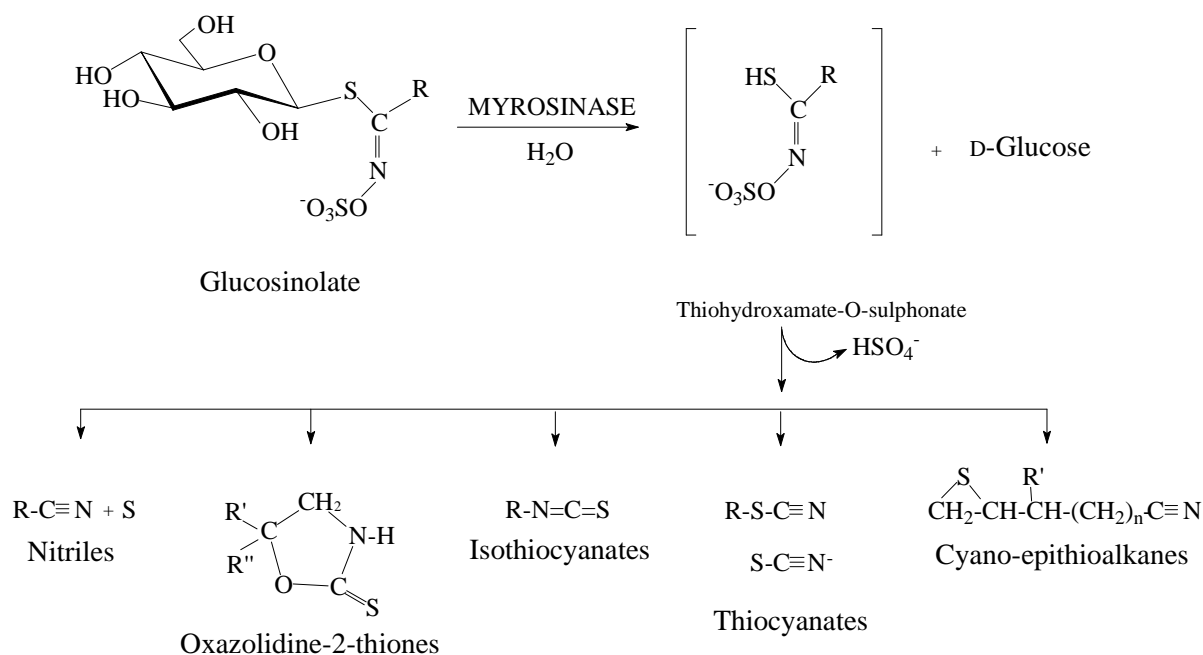
Tableau 0.1. Les glucosinolates naturels.

Glucosinolate	Nom commun	Glucosinolate	Nom commun
<u>alkyl-</u>		<u>indolyl-</u>	
méthyl-	glucocapparine	indol-3-ylméthyl-	glucobrassicine
éthyl-	glucolépidiine	1-méthoxyindol-3-ylméthyl-	néoglucobrassicine
n-propyl-		1-acétylindol-3-ylméthyl-	
iso-propyl-	glucoputranjvine	1-sulfoindol-3-ylméthyl-	sulfoglucobrassicine
n-butyl-		4-hydroxyindol-3-ylméthyl-	4-hydroxyglucobrassicine
1-méthylpropyl-	glucocochléarine	4-méthoxyindol-3-ylméthyl-	4-méthoxyglucobrassicine
2-méthylpropyl-			
n-pentyl-		<u>glucosinolates thiofonctionnalisés</u>	
2-méthylbutyl-		<u>sulfures</u>	

3-méthylbutyl-		méthylthiométhyl-	
n-hexyl-		2-méthylthioéthyl-	
3-méthylpentyl-		3-méthylthiopropyl-	glucoibervirine
4-méthylpentyl-		4-méthylthiobutyl-	glucoérucine
<u>hydroxyalkyl- et dérivés</u>		4-méthylthiobut-3-ényl-	glucoraphasatine
2-hydroxyéthyl-		5-méthylthiopentyl-	glucobertéroïne
2-hydroxypropyl-		3-hydroxy-5-méthylthiopentyl-	
3-hydroxypropyl-		6-méthylthiohexyl-	glucolesquérelline
1-hydroxy-2-propyl-	glucosisymbrine	7-méthylthioheptyl-	
1-hydroxy-2-butyl-	glucosisaustroïcine	8-méthylthiooctyl-	
3-hydroxybutyl-		8-méthylthio-3-oxo-octyl-	
2-hydroxypentyl-		9-méthylthiononyl-	
2-hydroxy-2-méthylpropyl-	glucoconringiine	10-méthylthiodécyl-	
2-hydroxy-2-méthylbutyl-	glucocléomine	<u>sulfoxydes</u>	
4,5,6,7-tetrahydroxydécyl-		(R)-3-méthylsulfinylpropyl-	glucoibérine
3-méthylloxycarbonylpropyl-		(R)-4-méthylsulfinylbutyl-	glucoraphanine
3-propylcarbonylpropyl-	glucocapanguline	(R)-4-méthylsulfinylbut-3-ényl-	glucoraphénine
4-éthylcarbonylbutyl-	gluconorcappasaline	(R)-5-méthylsulfinylpentyl-	glucoalysine
4-propylcarbonylbutyl-	glucocappasaline	3-hydroxy-5-méthylsulfinylpentyl-	
<u>alcényl-</u>		(R)-6-méthylsulfinylhexyl-	glucohespéraline
prop-2-ényl-		(R)-7-méthylsulfinylheptyl-	
but-3-ényl-	sinigrine	(R)-8-méthylsulfinyloctyl-	glucohirsutine
3-méthylbut-3-ényl-	gluconapine	8-méthylsulfinyl-3-oxooctyl-	
pent-4-ényl-		(R)-9-méthylsulfinylononyl-	glucoarabine
hex-5-ényl-	glucobrassicinapine	(R)-10-méthylsulfinyldécyl-	glucomélinine
hept-6-ényl-		(R)-11-méthylsulfinylundécyl-	
<u>hydroxycalcényl-</u>		<u>sulfones</u>	
(R)-2-hydroxybut-3-ényl-	progoitrine	3-méthylsulfonylpropyl-	glucocheiroline
(S)-2-hydroxybut-3-ényl-	épi-progoitrine	4-méthylsulfonylbutyl-	glucoérysoline
(R)-2-hydroxypent-4-ényl-	gluconapoliférine	4-méthylsulfonylbut-3-ényl-	
3-hydroxypent-4-ényl-		5-méthylsulfonylpentyl-	
<u>aralkyl-</u>		3-hydroxy-5-méthylsulfonylpentyl-	
<u>non substitués</u>		6-méthylsulfonylhexyl-	
phényl-	glucotropaéoline	7-méthylsulfonylheptyl-	
benzyl-	gluconastrurtiine	8-méthylsulfonyloctyl-	
2-phényléthyl-		9-méthylsulfonylnonyl-	
3-phénylpropyl-		10-méthylsulfonyldécyl-	
4-phénylbutyl-			
<u>substitués sur la chaîne alkyle</u>			
(R)-2-hydroxy-2-phényléthyl-	glucobarbarine		
(S)-2-hydroxy-2-phényléthyl-	glucosibarine		
2-hydroxy-2(4'-méthoxyphényl)éthyl-			
2-( $\alpha$ -L-arabinopyranosiloxy)-2-phényléthyl-			
2-( $\beta$ -L-arabinopyranosiloxy)-2-phényléthyl-			
<u>dérivés d'hydroxyalkyl-</u>			
3-benzoyloxypropyl-			
(R)-1-benzoyloxy-2-propyl-	glucobenzosisymbrine		
(R)-1-benzoyloxy-2-butyl-	glucobenzosisaustroïcine		
<u>substitués sur la partie aryle</u>			
3-hydroxybenzyl-	glucolépigramine		
4-hydroxybenzyl-	sinalbine		
3,4-dihydroxybenzyl-			
3-méthoxybenzyl-	glucolimnanthine		
4-méthoxybenzyl-	glucoaubriétine		
3,4-diméthoxybenzyl-			
3,4,5-triméthoxybenzyl-			
2-( $\alpha$ -L-rhamnopyranosyloxy)benzyl-			
4-( $\alpha$ -L-rhamnopyranosyloxy)benzyl-			
4-(4'-O-acétyl- $\alpha$ -D-rhamnosyloxy)benzyl-			
2,2-diméthyl-2-(4-méthoxyphényl)éthyl-			

Ce ne sont pas les glucosinolates eux-mêmes qui peuvent poser problème en alimentation, mais leurs dérivés. Les glucosinolates peuvent en effet être dégradés en divers composés dont les plus importants sont, dans le cadre de l'alimentation animale, les ions thiocyanates (SCN<sup>-</sup>), les oxazolidinethiones dont la plus fréquente est la 5-

vinyl-1,3-oxazolidine-2-thione (5-VOT) et, dans une moindre mesure, les isothiocyanates et les nitriles (figure 0.2).



**Figure 0.2. Dégradation enzymatique des glucosinolates.**

Cette dégradation enzymatique peut se produire dans différents lieux et à différents moments. La myrosinase, enzyme capable d'hydrolyser les glucosinolates, est présente dans des cellules végétales spécialisées appelées idioblastes alors que les glucosinolates se trouvent dans le liquide interstitiel. En cas de rupture de l'intégrité cellulaire par des opérations telles que le broyage, la myrosinase est libérée et peut s'attaquer aux glucosinolates. Ceux-ci peuvent aussi être dégradés par des voies non enzymatiques telles que l'action de diverses substances chimiques (acides, bases, oxydants) ou un traitement thermique pendant la trituration des graines. De plus, l'animal ingérant des tourteaux de colza possède aussi une activité thioglucosidase via les micro-organismes du système digestif. Cette activité est fort efficace chez le ruminant.

### **3.2. Transformations et effets dans l'organisme animal**

Comme signalé ci-avant, une partie des glucosinolates, variable selon les processus de fabrication, est déjà dégradée lors des traitements technologiques avant la distribution de tourteau aux animaux. Cette dégradation se poursuit dans le système digestif des animaux sous l'effet de l'activité myrosinase pour fournir principalement

des isothiocyanates, de la 5-VOT, des ions thiocyanates et des nitriles. Elle est totale chez le poulet et, chez le ruminant, le rumen constitue un milieu particulièrement efficace. Wathelet *et al.* (1997) constatent qu'après incubation de cinq heures dans des sachets de Nylon, les glucosinolates ont complètement disparu avec mise en évidence de dérivés. Dans le rumen lui-même, ces dérivés disparaissent aussi rapidement soit par dégradation, soit par absorption.

Les dérivés des glucosinolates présents dans le sang peuvent agir sur les tissus, y être stockés ou être éliminés, notamment par voie urinaire et par le lait.

Les effets des glucosinolates sur la thyroïde ont diverses origines. A forte concentration, les ions thiocyanates entrent en compétition avec l'iode dont la fixation par la glande diminue. La 5-VOT et les isothiocyanates inhibent la synthèse des MIT et DIT, précurseurs des hormones thyroïdiennes.

Les effets néfastes parfois observés au niveau du foie et d'autres organes pourraient avoir pour origine certains nitriles ou isothiocyanates.



## **DEUXIEME PARTIE**

### **DESCRIPTION DES RECHERCHES**

L'aperçu bibliographique de la première partie de cette brochure montre que si de nombreuses études ont été consacrées au tourteau de colza, le plus grand nombre a été réalisé chez des monogastriques. Ces études sont souvent fragmentaires. Elles ne s'intéressent qu'à l'un ou l'autre aspect du problème et il est difficile de se faire une opinion générale des potentialités réelles de ce tourteau.

De plus, l'extension rapide des emblavements du colza en Communauté européenne et les nouvelles utilisations potentielles du colza qui risquent d'amener sur le marché de nouvelles variétés à teneur et composition variables en glucosinolates militent aussi en faveur de nouvelles études. Celles-ci devraient être plus exhaustives, c'est-à-dire prendre en compte un maximum de paramètres (dans l'aliment : composition chimique et modifications au cours des processus de fabrication ; chez l'animal : l'ingestibilité, les effets physiologiques et zootechniques, les conséquences sur la santé et la qualité des produits).

C'est dans cette optique que l'Unité de Chimie générale et organique de la FUSAGx (Gembloux) et le Laboratoire de Physiologie animale des FUNDP (Namur) ont entrepris une vaste étude sur les potentialités du tourteau de colza pour la croissance des jeunes ruminants. Cette étude a été divisée en deux parties :

- la première a consisté à déterminer les effets de tourteaux de colza de différentes variétés distribuées en quantités importantes sur les performances et la santé d'agneaux et de taurillons recevant des concentrés à volonté et sur celles d'agneaux dont les mères ont reçu des tourteaux durant la gestation et la lactation ;
- la deuxième a eu pour objectif de déterminer les seuils « zéro effets-troubles », c'est-à-dire les proportions maximales de tourteau qui peuvent être distribuées sans altérer les performances ni la santé des animaux. Les essais ont porté sur des agneaux et des taurillons.

## **CHAPITRE I. AGNEAUX EN CROISSANCE-ENGRAISSEMENT**

L'expérience a pour but de rechercher les effets de deux variétés de tourteau de colza sur les mécanismes de croissance-engraissement d'agneaux de bergerie par comparaison avec des animaux témoins ne recevant pas ce tourteau. Les variétés sont *Samourai* à faible teneur en glucosinolates totaux (8,35  $\mu\text{mol/g MS}$ , dont 29% de progoitrine) et *Honk* plus riche en glucosinolates totaux (17,05  $\mu\text{mol/g MS}$ , dont 44% de progoitrine).

### **1. Animaux**

L'expérience est réalisée avec trois lots de 15 brebis Suffolk et Texel en races pures ou croisées avec des béliers "Laitier" et "Ile-de-France", chaque brebis étant suivie de deux agneaux âgés de 27 à 31 jours selon les lots. Tous les agneaux restent au pis jusqu'à un âge de 83 à 86 jours selon les lots. Le sevrage s'avère alors indispensable car les agneaux ne consomment que 300 g des concentrés expérimentaux par jour malgré un poids vif de l'ordre de 23 kg. La cause de cette faible consommation est la possibilité pour l'agneau de manger avec sa mère des fourrages à très haute valeur alimentaire ainsi que des aliments concentrés "brebis". De plus, la production laitière est encore quelque peu présente.

Les agneaux sont de génotype équivalent dans chaque lot de 30. En cours d'expérience, quatre d'entre eux meurent (un dans le lot témoin et trois dans le lot *Honk*) dès la première semaine. La distribution des concentrés contenant les tourteaux de colza n'a probablement pas eu de conséquence sur ce plan. Un agneau doit être éliminé du lot *Honk* parce que son poids stagne à 10 kg. Par la suite, des différences de vitesses de croissance ou de qualité des carcasses apparaissent, notamment selon le sexe (entre 50 et 90 jours d'âge, par exemple les gains quotidiens en poids sont de 242 g pour les mâles et de 201 g pour les femelles) ou la race. Il est dès lors jugé utile d'éliminer divers animaux afin de reconstituer des lots homogènes. C'est finalement sur trois lots de 22 agneaux que porte l'interprétation des résultats (trois fois 12 mâles et 10 femelles).

### **2. Plan expérimental et méthodes d'analyse**

L'expérience débute en mars 1995 avec 45 brebis allaitant chacune deux agneaux et recevant une ration équilibrée composée d'ensilages de maïs, d'herbe

préfanée et d'aliments composés. Ces brebis sont réparties en trois lots (Témoin, *Samourai* et *Honk*) alors que les agneaux sont âgés de 27 à 31 jours selon les lots. A partir de ce moment, les agneaux ont libre accès, dans des trémies sélectives, aux aliments composés expérimentaux (sans tourteau de colza ou contenant 25% de tourteau de variétés *Samourai* ou *Honk*) ainsi qu'à un foin de prairie de qualité moyenne. La combinaison d'aliments concentrés et de foin à volonté est maintenue durant toute l'expérience.

Les procédures suivantes sont d'application :

- échantillonnage et analyse des matières premières et des aliments ;
- pesées des agneaux à la naissance, puis toutes les 2 semaines, chaque fois en matinée;
- enregistrement de tous les aliments (concentrés et foin) distribués aux agneaux;
- pesée des "non consommés" tous les 15 jours ;
- prises de sang (environ 30 ml) lors des pesées (Les échantillons sont immédiatement centrifugés et les plasmas sont stockés au congélateur (-22°C) jusqu'aux analyses) ;
- sevrage à un âge allant de 83 à 86 jours selon les lots (poids vif moyen de 23 kg) ;
- pesée avant le départ vers l'abattoir ;
- pesées des carcasses et évaluation de l'état d'engraissement et de la conformation;
- prélèvement d'organes et de tissus (reins, foie, thyroïdes, poumons, graisses périrénales, digesta) et pesée des thyroïdes ;
- dosages sanguins des hormones thyroïdiennes, de la GH, de l'insuline, du cortisol, du glucose, de la GOT et de la GPT ;
- dosage des acides gras et du cholestérol dans les graisses de dépôt ;
- dosage des glucosinolates et de leurs dérivés dans les graines de colza, les tourteaux, les aliments composés, le sang et les tissus prélevés ;
- culture *in vitro* de tissu thyroïdien ;
- montages de coupes histologiques de foie, de rein et de thyroïde de 7 agneaux par lot en vue de l'interprétation des différences de structure.

Les agneaux sont abattus à environ 35 kg de poids vif (32 kg pour les femelles, 37 kg pour les mâles), poids qui correspondent à une réalité économique. Les carcasses d'agneaux de bergerie sont fortement pénalisées au niveau du prix à partir d'un poids de 16 à 18 kg. On s'efforce donc d'arriver à ce poids avec une couverture de gras idéale c'est-à-dire une cote de 2 à 3 (sur une échelle de 1 à 5 avec 1 pour un animal trop maigre et par le fait à viande sèche et dure et 5 pour un animal excessivement gras). Pour la conformation, la grille SEUROP (S = super, E = excellent, et pour finir P = très mauvais) est appliquée. Afin de pouvoir réaliser des moyennes, les lettres sont converties en chiffres avec S = 6, E = 5, ..., P=1.

Les analyses des aliments sont réalisées selon les méthodes classiques. Les hormones plasmatiques sont dosées par radio-immuno-assay, le glucose par voie enzymatique et les transaminases par colorimétrie. La composition en acides gras des aliments et des lipides corporels est déterminée par chromatographie en phase gazeuse.

La culture *in vitro* du tissu thyroïdien se fait dans un milieu de culture stimulé ou inhibé par diverses substances. Les analyses histologiques de la thyroïde sont effectuées par les méthodes classiques avec utilisation de différents colorants (HES, trichrome à froid de Masson, PAS).

Le dosage des glucosinolates dans les graines, les tourteaux et les aliments a été effectué suivant la méthode ISO 9167-1 (extraction avec un mélange de méthanol:eau 70:30 v/v bouillant, désulfatation par la sulfatase de *Helix pomatia*, purification sur une colonne de DEAE Sephadex A-25, séparation et dosage par chromatographie liquide à haute performance). Cette méthode a été adaptée pour rechercher des traces de glucosinolates dans les matrices biologiques.

La teneur en 5-vinyl-1,3-oxazolidine-2-thione dans les tourteaux, les fluides biologiques et les organes est déterminée suivant la méthode de Mabon *et al.*. (1999) (extraction à chaud en milieu acide, purification sur C<sub>18</sub> et par complexation/décomplexation avec l'acétate de phényle mercure, dosage par chromatographie liquide à haute performance).

Les ions thiocyanates sont mesurés par une méthode colorimétrique (extraction à l'eau chaude, précipitation des protéines, complexation en milieu acide des ions thiocyanates avec des ions ferriques, dosage par spectrophotométrie à 460 nm).

La recherche des produits volatils de dégradation des glucosinolates (isothiocyanates, nitriles) a fait notamment appel à la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

### **3. Aliments**

Des échantillons de six variétés de graines de colza vendues sur le marché sont analysés en vue de choisir celles qui seront expérimentées. Le choix est effectué selon deux critères, à savoir la teneur globale et le profil des glucosinolates. Sur cette base, deux cultivars sont retenus, *Samourai* et *Honk*.

Ils sont très différents par leur teneur et leur profil en glucosinolates. Le cultivar *Samourai* possède une teneur en glucosinolates de 8,35  $\mu\text{mol/g}$  MS alors que le cultivar *Honk* possède une teneur plus élevée, de l'ordre de 17,05  $\mu\text{mol/g}$  MS. De plus, les glucosinolates majoritaires de *Honk*, la progoitrine, la 4-OH glucobrassicine et la gluconapine correspondent respectivement à 45%, 24% et 18% de la teneur totale en glucosinolates alors que le profil correspondant de *Samourai* est inverse avec une proportion de 32% de progoitrine, de 33% de 4-OH glucobrassicine et de 20% de gluconapine.

Les tourteaux sont des "schilfers" ou tourteaux gras obtenus par trituration des graines par une presse à vis d'Archimède. Leur teneur résiduelle en graisses atteint 18,5% (*Samourai*) et 22% (*Honk*). Ils sont intégrés à raison de 25% dans les concentrés lors des processus de fabrication de ces derniers.

Les trois concentrés expérimentaux sont présentés sous forme de granulés fins de 4 mm de diamètre. Les matières premières intervenant dans leur composition sont données dans le tableau 1.1.

**Tableau 1.1. Composition des concentrés pour agneaux (en %).**

	<b>Témoin</b>	<b>Colzas</b>
Froment	4,00	4,00
Escourgeon	16,25	28,75
Tourteau de cocotier	16,25	1,875
Tourteau de soja (44/7)	0,625	3,75
Luzerne déshydratée (17/100)	11,875	6,875
Pulpes sèches de betteraves	10,00	20,00
Mélasse de betterave	6,00	5,00
Chlorure de calcium	0,70	0,70
Chlorure d'ammonium	0,50	0,50
Craie alimentaire	1,05	1,55
Sel	1,00	1,00
Minéraux et vitamines ovins	1,00	1,00
Pois	5,875	-
Glutenfeed de maïs	15,00	-
Graines de soja toastées	9,875	-
Tourteau de colza (1)	-	25,00

(1) 25% de tourteau de colza soit de la variété *Samourai*, soit de la variété *Honk*, MG

Le tableau 1.2 donne les valeurs d'analyse de ces trois aliments.

**Tableau 1.2. Analyse des aliments pour agneaux (sur MS).**

	<b>Témoin</b>	<i>Samourai</i>	<i>Honk</i>
VEVI (1)	1173	1214	1251
Matières azotées totales (%)	18,3	16,4	15,9
Matières grasses (%)	5,30	6,24	6,87
Cellulose brute (WEENDE) (%)	11,95	11,63	11,01
Amidon (%)	17,19	22,73	22,52
Cendres totales (%)	9,97	9,16	8,66
Digestibilité de la matière organique (%) (1)	90,92	90,76	91,23

(1) Méthode enzymatique de DE BOEVER

En plus des concentrés, les agneaux ont accès en permanence à du foin de qualité moyenne dosant 634 VEM, 4,3% de MAD et 27% de cellulose brute par kg (MS = 82%).

La composition en acides gras des graisses des trois aliments est donnée au tableau 1.3.

**Tableau 1.3. Composition en acides gras des trois aliments pour agneaux (%).**

<b>Acide gras</b>	<b>Témoin</b>	<i>Samourai</i>	<i>Honk</i>
C 10	0,1	0,8	1,0
C 12	15,4	2,1	1,6
C 14	6,2	0,9	0,7
C 15	0,2	0,6	0,6
C 16	13,7	8,7	9,0
C 16 :1	0,2	0,4	0,4
C 17	0,0	0,0	0,0
C 18	3,6	1,8	1,8
C 18 :1	15,2	48,7	45,3
C 18 :2	35,9	26,4	28,4
C 18 :3 alpha	8,9	9,1	10,6
C 20	0,5	0,6	0,6

Les concentrés à base de colza contiennent moins d'acides saturés et plus d'acide oléique que les témoins.

Le tableau 1.4 donne les teneurs et les répartitions des glucosinolates dans les tourteaux et dans les concentrés contenant des tourteaux.

**Tableau 1.4. Teneur et répartition des glucosinolates dans les tourteaux et les concentrés de colza pour agneaux.**

	Tourteaux		Concentrés	
	<i>Samouräi</i>	<i>Honk</i>	<i>Samouräi</i>	<i>Honk</i>
Glucosinolates totaux ( $\mu\text{mol/g MS}$ )	10,89	24,14	1,94	4,22
Glucoibérine (%)	0,76	0,37	2,76	0,25
Progoitrine (%)	32,02	45,57	30,32	8,82
Epiprogoitrine (%)	0,73	1,12	1,00	0,22
Napoléiférine (%)	1,08	0,97	3,11	0,43
Glucoalyssine (%)	0,66	1,09	0,76	0,14
Sinalbine (%)	0,27	0,37	0,65	0,06
Gluconapine (%)	20,32	17,80	18,77	3,45
4-OH glucobrassicine (%)	32,94	23,85	30,59	3,81
Glucobrassicinapine (%)	2,44	3,00	1,38	0,26
Glucobrassicine (%)	5,23	2,95	8,50	1,24
Gluconasturtine (%)	2,08	1,79	0,70	0,15
4-Méthoxyglucobrassicine (%)	0,31	0,64	1,06	0,19
Néoglucobrassicine (%)	1,13	0,47	0,41	0,11

Les concentrés *Honk* sont donc deux fois plus riches en glucosinolates. Ils montrent une proportion plus élevée de progoitrine mais plus faible de glucobrassicine.

## **4. Résultats**

### **4.1. Poids vif et gain en poids**

La figure 1.1. représente l'évolution du poids moyen des trois groupes d'agneaux selon l'âge depuis la naissance jusqu'à 90 jours, soit jusqu'aux premiers abattages. Le tableau 1.5 apporte diverses autres données relatives à l'évolution pondérale des animaux.

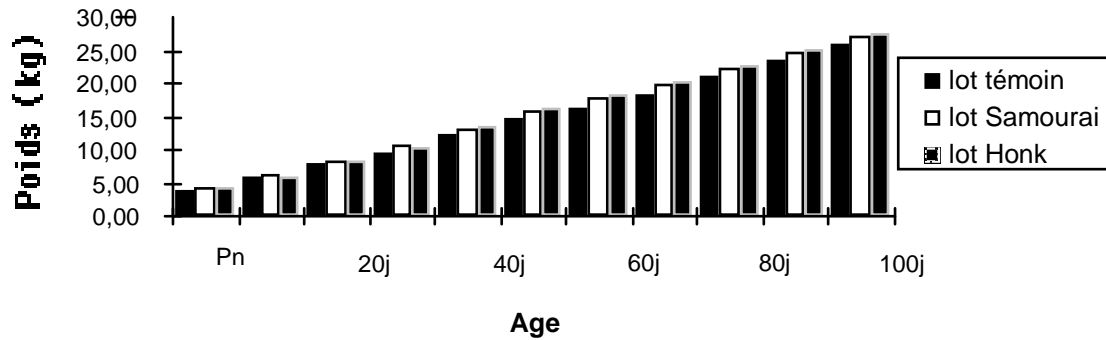


Figure 1.1. Evolution du poids des agneaux de la naissance jusqu'à 90 jours (kg).

La croissance est très variable au sein de chaque lot. Si, avant sevrage, les résultats sont un peu meilleurs pour le lot *Honk*, ils sont identiques pour les trois lots sur l'ensemble de la période. Les tourteaux n'ont donc pas d'effet sur les gains en poids des agneaux.

Tableau 1.5. Evolution pondérale des agneaux.

	<b>Témoin</b>	<b>Samourai</b>	<b>Honk</b>
Age initial (j)	27 ± 10	29 ± 6	28 ± 7
Poids initial (kg)	8,5 ± 2,8	8,9 ± 2,6	9,3 ± 3
Age au sevrage (j)	88 ± 10	90 ± 6	88 ± 9
Poids au sevrage (kg)	23,1 ± 6	24,5 ± 4,4	23,9 ± 6,8
GQM jusqu'au sevrage (g/j)	241 ± 69	252 ± 57	255 ± 56
Age à l'abattage (j)	135 ± 22	130 ± 19	132 ± 22
Poids à l'abattage (kg)	35 ± 1,9	35,3 ± 2,7	35,7 ± 2,5
GQM après sevrage (g/j)	262 ± 45	270 ± 70	258 ± 57
GQG (g/j)	257 ± 51	260 ± 42	260 ± 40

GQM : gain quotidien moyen ; GQC : gain quotidien général

## **4.2. Ingestion et efficacité alimentaire**

Le tableau 1.6 donne les résultats relevés pour les ingestions d'aliments et l'efficacité alimentaire (indice de conversion ou nombre de kg d'aliments nécessaires pour 1 kg de croît).



**Tableau 1.6. Ingestion et conversion alimentaire des agneaux.**

	<b>Témoin</b>	<i>Samourai</i>	<i>Honk</i>
<u>Ingestion de concentré</u>			
Avant sevrage (kg)	11,20	11,30	8,40
Après sevrage (kg)	48,82	47,10	46,93
Total (kg)	60,02	58,40	55,33
Prise quotidienne avant sevrage (g/j)	183,6	185,2	140
Prise quotidienne après sevrage (g/j)	957	1043	963
Prise quotidienne après sevrage (g/kg LW <sup>0,75</sup> /d)	76,2	79,9	74,9
<u>Ingestion de foin</u>			
Après sevrage (g/d)	400	405	409
<u>Ingestion de matière sèche</u>			
Après sevrage (g/j)	1,170	1,249	1,183
<u>Efficiéce alimentaire</u>			
Après sevrage (kg/kg)	3,859	3,965	4,091

Avant sevrage, les ingestions totales de concentrés sont faibles car en plus du lait maternel, les agneaux avaient aussi accès aux fourrages et aux concentrés de la mère. Cependant le groupe *Honk* a ingéré 31% en moins que le groupe Témoin, ce qui dénote un démarrage plus lent pour ce groupe.

Par la suite, quel que soit leur mode d'expression, les ingestions sont proches dans les trois lots, de sorte que pour l'ensemble de la période, elles sont légèrement inférieures pour le lot *Honk*.

Les indices de conversion sont aussi proches dans les trois lots.

### **4.3. Performances d'abattage**

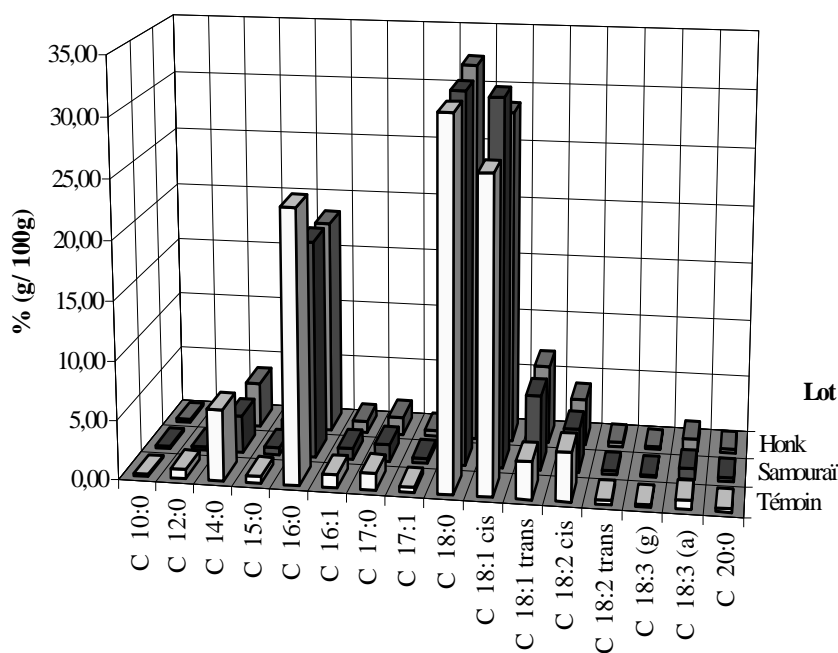
Les performances d'abattage sont données dans le tableau 1.7.

**Tableau 1.7. Performances d'abattage des agneaux.**

	<b>Témoin</b>		<b>Samourai</b>		<b>Honk</b>	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Age à l'abattage (jours)	136	24,14	130	21,69	131	23,51
Jours d'expérience	106	18,33	101	17,07	105	15,84
Poids de la carcasse (kg)	16,95	1,60	17,44	1,62	17,24	1,20
Rendement d'abattage	0,4843	0,0303	0,4938	0,0232	0,4863	0,0303
Conformation de la carcasse (sur 6)	3,67	0,75	3,73	0,85	3,60	0,78
Note d'engraissement (sur 5)	2,21	0,40	2,32	0,45	2,27	0,39

Les performances d'abattage et les classements des carcasses sont corrects et comparables dans les trois lots. Les deux tourteaux de colza n'ont en tout cas pas d'effet néfaste sur ces performances.

La figure 1.2 représente la composition en acides gras des dépôts adipeux des trois groupes d'agneaux.

**Figure 1.2. Composition en acides gras des dépôts adipeux des agneaux.**

La graisse des animaux nourris avec du tourteau de colza présente des proportions d'acide myristique ( $C_{14}$ ) et palmitique ( $C_{16}$ ) légèrement plus basses que celles du lot témoin. Inversement, celles d'acides en  $C_{18,1}$  sont plus élevées.

La figure 1.3 compare les concentrations en cholestérol des graisses de dépôt pour les trois lots d'agneaux. Elles sont sensiblement plus faibles lorsque les aliments comprennent des tourteaux de colza.

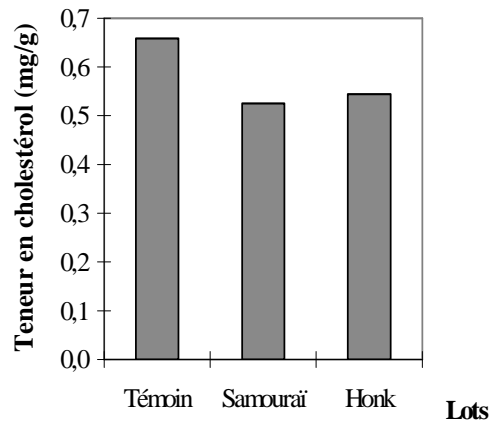
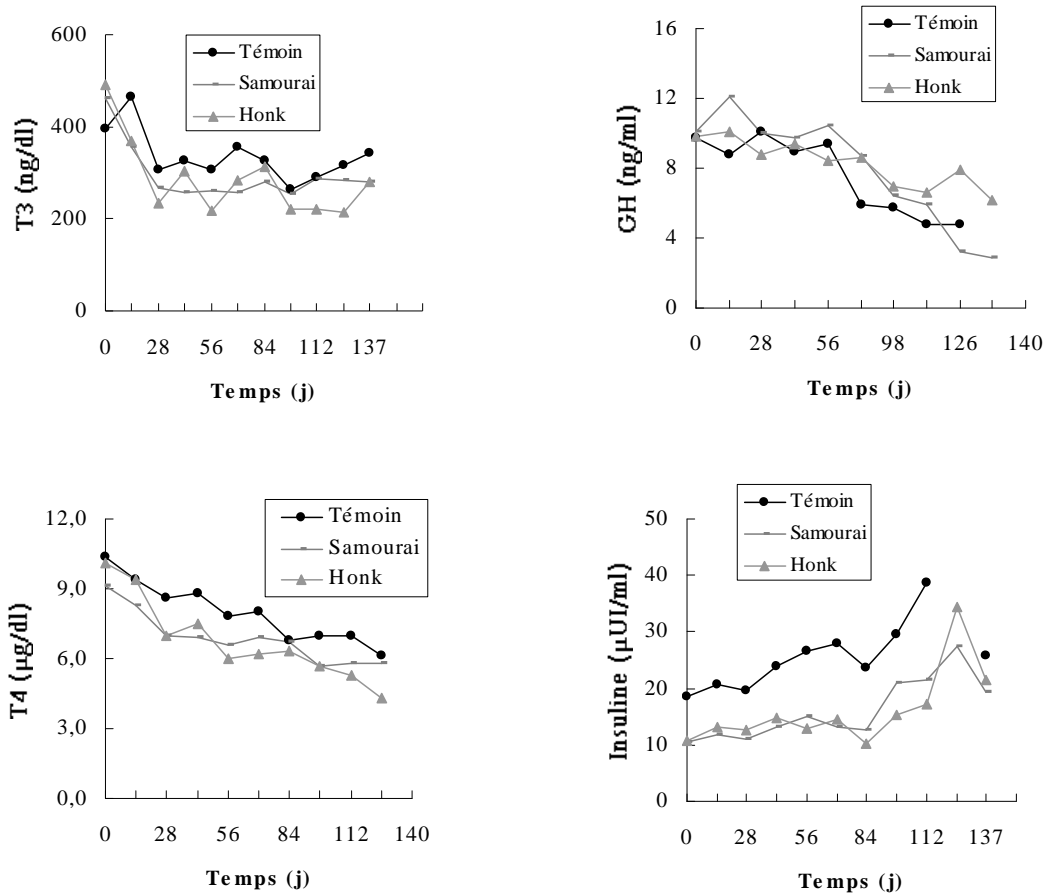


Figure 1.3. Comparaison de la teneur en cholestérol dans la graisse de dépôt d'agneaux

#### 4.4. Paramètres sanguins

Les figures 1.4 et 1.5 représentent les évolutions des concentrations des substances plasmatiques, selon les prises de sang.

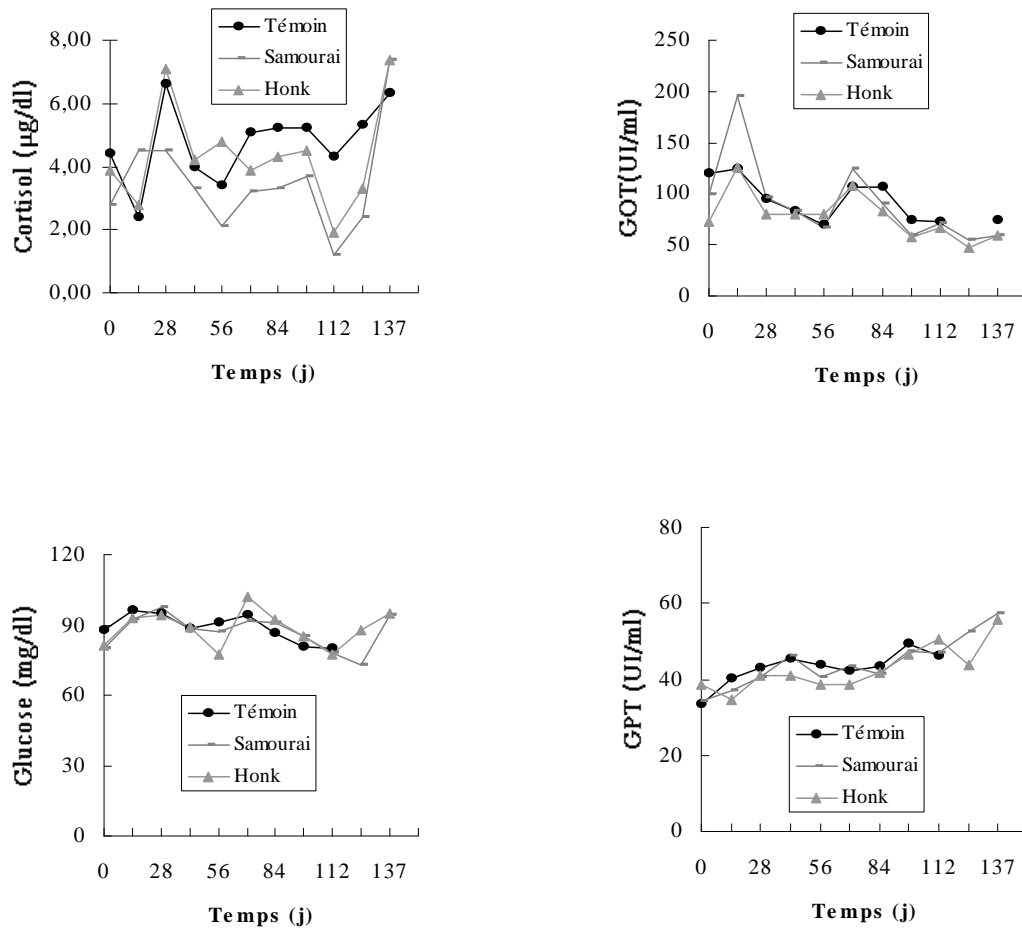


**Figure 1.4. Evolution des teneurs plasmatiques en T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, GH et insuline chez les agneaux (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**

Pour les hormones thyroïdiennes T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> (figure 1.4), une diminution progressive des concentrations plasmatiques est observée avec l'âge des animaux et les valeurs sont, à partir de 50 jours d'âge, significativement plus faibles pour les deux lots recevant des tourteaux de colza, ce qui montre leur effet perturbateur à ce niveau.

Pour l'hormone de croissance aussi (figure 1.4), les concentrations plasmatiques diminuent avec l'âge mais elles ne sont pas différentes entre les lots.

L'insuline (figure 1.4) montre au contraire des valeurs croissantes avec l'âge et elles sont significativement plus élevées dans le lot témoin, sans qu'une explication plausible puisse être donnée à cette observation en ce moment.



**Figure 1.5. Evolution des teneurs plasmatiques en cortisol, glucose, GOT et GPT chez les agneaux (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**

Les concentrations de cortisol (figure 1.5) fluctuent dans le temps de manière désordonnée pour les trois lots.

La glycémie (figure 1.5) est stable et quasiment identique dans les trois lots, tandis que les concentrations plasmatiques de GOT et GPT (figure 1.5) montrent des évolutions divergentes (diminution progressive pour la GOT, augmentation pour la GPT) avec des valeurs semblables pour les trois lots.

#### **4.5. Poids, structure et activité des thyroïdes**

Le tableau 1.8 donne diverses valeurs relatives au poids et à la morphologie des thyroïdes.

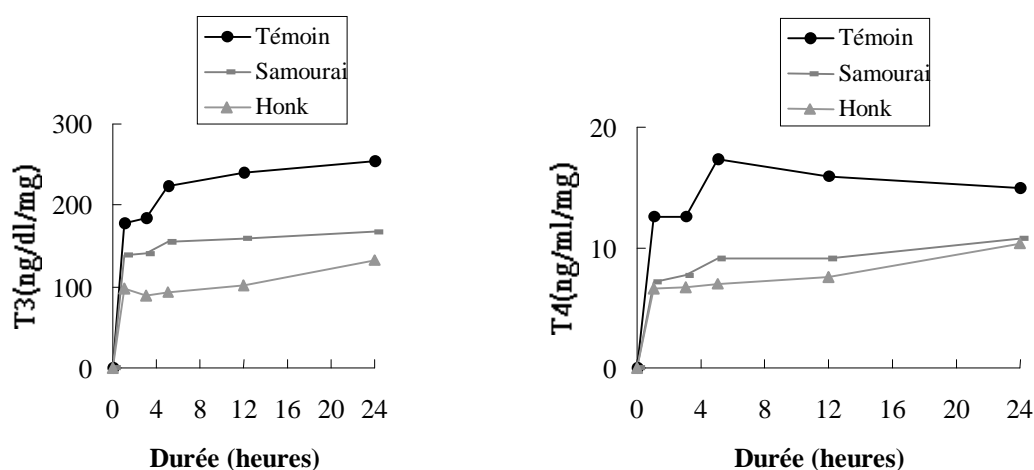
**Tableau 1.8. Poids et structure des thyroïdes chez les agneaux.**

	<b>Témoin</b>	<i>Samourai</i>	<i>Honk</i>
Poids thyroïdien (g)	2,62 ± 0,52 <sup>a</sup>	2,71 ± 0,57	3,04 ± 0,84 <sup>b</sup>
Rapport thyroïdien <sup>1</sup>	73 ± 12 <sup>a</sup>	77 ± 16	86 ± 26 <sup>b</sup>
Hauteur des cellules (p)	27,8 ± 4,6	28,3 ± 2	29,9 ± 3,5
Surface folliculaire (p)	27,8 ± 16	24,1 ± 5	27,9 ± 7
Proportions de follicules (%) <sup>2</sup>			
Petits follicules (25 p)	42 ± 27 <sup>a</sup>	29 ± 13 <sup>b</sup>	24 ± 15 <sup>b</sup>
Moyens follicules (50 p)	45 ± 20	55 ± 7	51 ± 12
Gros follicules (> 75 p)	12 ± 14 <sup>a</sup>	14 ± 10 <sup>a</sup>	27 ± 18 <sup>b</sup>

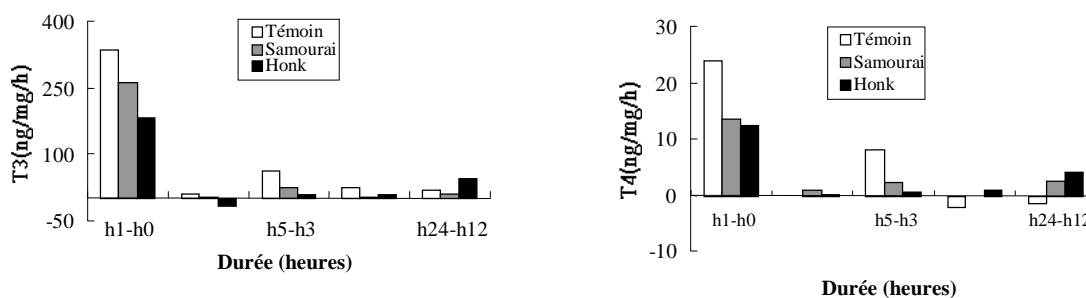
a – b : moyennes significativement différentes ( $P < 0,05$ ) ; 1 : poids thyroïdien en g x 1000/poids final en kg ; p = pixel ; 2 : pourcentages des follicules par unité de tissu thyroïdien.

Le tourteau *Honk* provoque une augmentation significative du poids des thyroïdes, en valeurs absolues et proportionnellement au poids vif. Cela se traduit par une augmentation de la proportion des gros follicules aux dépens de celle des petits.

La mise en culture de tranches de thyroïdes et leur traitement par des agonistes (TSH) ou antagonistes (méthiomazole et PTU) donne des résultats qui montrent que la mise en culture provoque un simple relargage des hormones qui y sont présentes. Les figures 1.6 et 1.7 représentent les évolutions moyennes des concentrations de T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> dans les milieux de culture et la libération de ces hormones dans le temps.



**Figure 1.6. Evolution moyenne des concentrations en T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> dans le milieu de culture des tissus thyroïdiens chez les agneaux (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**



**Figure 1.7. Evolution de la production de T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> par les tissus thyroïdiens d'agneaux mis en culture.**

La libération des hormones thyroïdiennes est plus élevée pour les thyroïdes des animaux du lot témoin que pour celles du lot *Samourai* et surtout du lot *Honk*, ce qui renforce les conclusions relatives à l'effet inhibiteur des tourteaux sur l'activité de la thyroïde.

#### **4.6. Glucosinolates et dérivés**

La présence de glucosinolates intacts a été recherchée dans le plasma et les divers organes prélevés chez une brebis nourrie exclusivement avec du tourteau de colza *Honk* pendant trois mois. Aucun glucosinolate n'a été détecté dans les limites de sensibilité des analyses.

De même, les produits volatils issus des glucosinolates comme les isothiocyanates et les nitriles n'ont pu être détectés dans le plasma et les tissus cibles prélevés, ce qui signifie que leurs concentrations sont, en cas de présence, inférieures à 0,1  $\mu\text{mol/g}$ .

La figure 1.8 représente l'évolution en fonction de l'âge de la concentration d'ions thiocyanates ( $\text{SCN}^-$ ) dans le plasma des agneaux. Pour les agneaux témoins, les valeurs sont presque nulles tout au long de la période d'engraissement alors qu'elles augmentent fortement à partir du 86<sup>ème</sup> jour chez les agneaux recevant des tourteaux de colza. La nette augmentation des ingestions de concentrés après le sevrage est évidemment responsable de cette évolution.

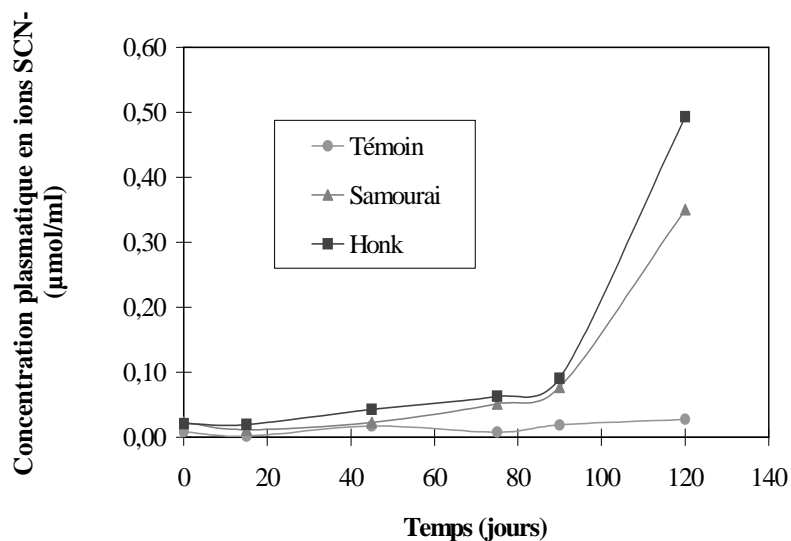


Figure 1.8. Evolution de la teneur en ions SCN<sup>-</sup> dans le plasma des agneaux (n=10).

La figure 1.9 représente les quantités d'ions thiocyanates trouvées dans les organes des trois lots d'agneaux. On remarque que, quel que soit l'organe, la concentration présente des valeurs non négligeables chez le groupe témoin et que les tourteaux de colza provoquent une augmentation des concentrations qui est pour certains organes, principalement pour la thyroïde, plus forte avec la variété *Honk*. Cette accumulation se fait par ordre décroissant préférentiellement dans les reins, les thyroïdes, les poumons, le foie et les muscles.

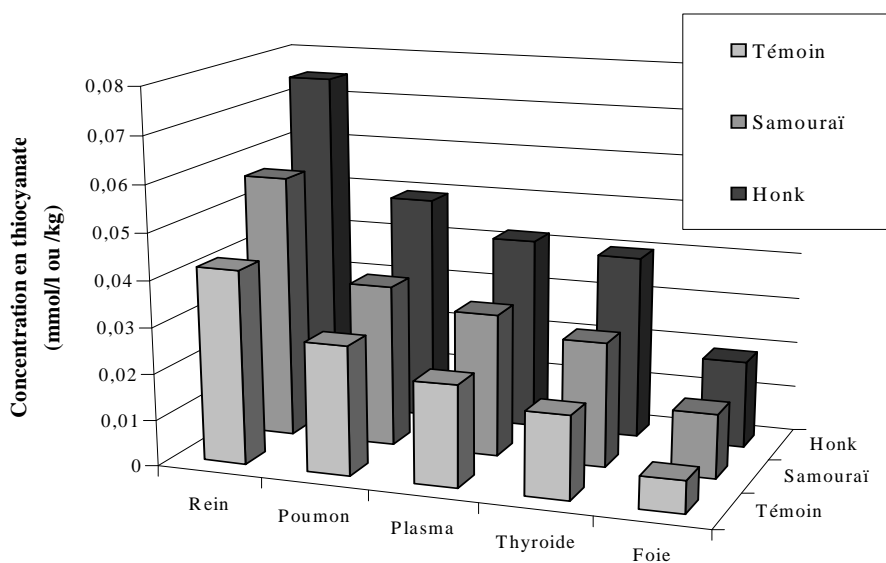
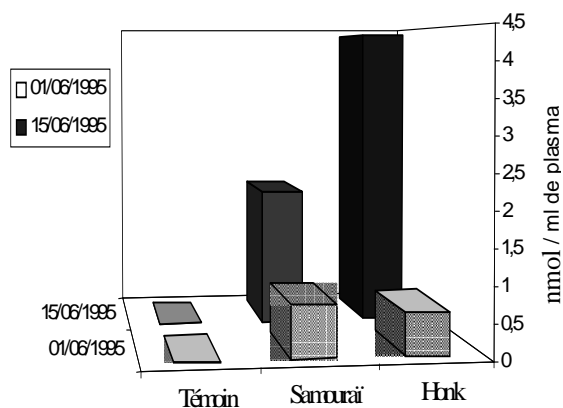


Figure 1.9. Comparaison des teneurs en thiocyanate dans les matrices biologiques d'agneaux nourris avec des aliments contenant différentes variétés de tourteau de colza.

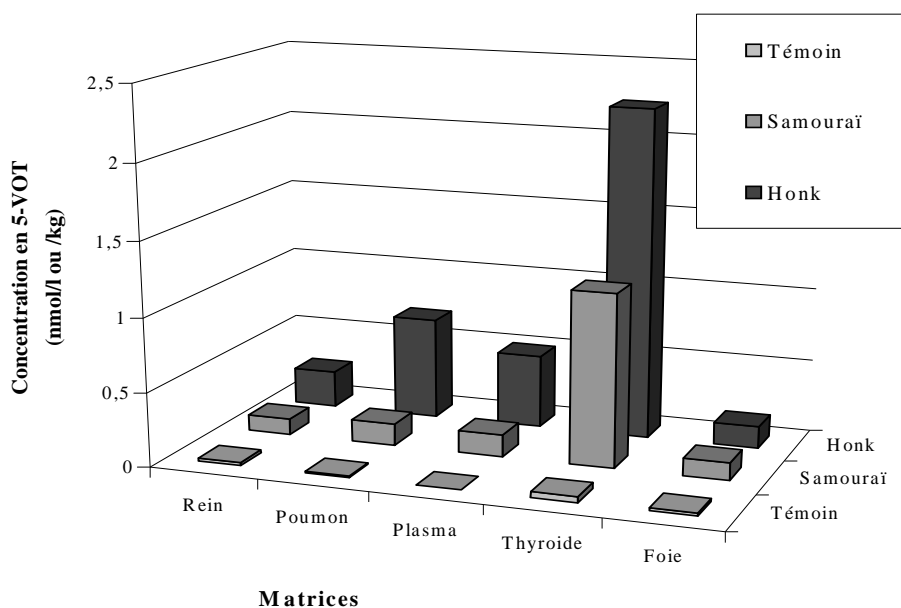


La figure 1.10 représente les concentrations en 5-VOT dans le plasma des trois lots d'agneaux les 1/6/95 (avant sevrage) et 15/6/95 (après sevrage). Les valeurs sont nulles chez les animaux témoins ; elles augmentent brutalement après sevrage dans les lots avec tourteau de colza, surtout avec la variété *Honk*.



**Figure 1.10. Evolution de la teneur en 5-VOT dans le plasma des agneaux.**

Les concentrations en 5-VOT dans les organes sont représentées à la figure 1.11. Dans le foie, les valeurs sont comparables pour les trois lots. Dans le rein, les poumons et surtout la thyroïde, les tourteaux provoquent une accumulation, nettement plus marquée avec la variété *Honk* en ce qui concerne les poumons. Par ordre décroissant d'accumulation, les organes se classent comme suit : thyroïdes, poumons, reins et foie.



**Figure 1.11. Comparaison des teneurs en 5-VOT dans les matrices biologiques d'agneaux nourris avec des aliments contenant différentes variétés de tourteau de colza.**

## 5. Conclusions

La comparaison des effets de deux types de tourteaux de colza (*Samourai* avec une teneur en glucosinolates de  $8,35 \mu\text{mol/g MS}$  et *Honk* avec  $17,05 \mu\text{mol/g MS}$ ) incorporés à raison de 25% dans les concentrés de jeunes agneaux en croissance - engraissement par rapport aux performances d'animaux témoins ne recevant pas de tourteaux de colza a mené aux conclusions suivantes :

- Les performances zootechniques ne sont pas diminuées par le colza. Les résultats ne montrent aucun effet néfaste sur la vitesse de croissance des agneaux, sur les ingestions de concentrés (à part un démarrage plus lent pour le lot *Honk*), sur les indices de conversion alimentaire, ni sur les performances d'abattage (poids, conformation et engraissement des carcasses, rendement d'abattage). Au contraire, une amélioration de la qualité des graisses corporelles (moindres proportions d'acides saturés, moins de cholestérol) est observée.
- L'ingestion des tourteaux de colza a des effets limités au niveau endocrinien et métabolique. Elle provoque une diminution des émissions des hormones thyroïdiennes ( $T_3$ ,  $T_4$ ) et de l'insuline mais n'entraîne pas de modification des concentrations d'autres hormones (comme la GH, le cortisol) ni des substances métaboliques (comme le glucose et les transaminases).
- Des perturbations importantes sont observées au niveau de la thyroïde : augmentation du poids (goitre), modification de la structure histologique

(notamment une augmentation de la taille des follicules thyroïdiens, surtout avec le tourteau *Honk* et une diminution de la capacité de stockage des hormones thyroïdiennes.

- Les glucosinolates entiers, les isothiocyanates et les nitriles ne sont pas détectés dans le plasma ni dans les divers organes. L'ingestion abondante de tourteaux de colza et plus particulièrement du cultivar *Honk* provoque une augmentation des ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma, la thyroïde, le foie, les reins et les poumons mais ces ions, de même que la 5-VOT, sont aussi présents en concentrations non négligeables chez les animaux témoins. Il en va de même pour la 5-VOT, sauf en ce qui concerne le foie.

## **CHAPITRE II. BREBIS EN GESTATION – LACTATION :** **EFFETS SUR LEURS AGNEAUX**

La deuxième expérience conduite chez le mouton a pour but de déterminer les effets de la distribution de tourteaux de colza à des brebis en gestation et en lactation sur les performances zootechniques des brebis elles-mêmes, mais surtout sur celles de leurs agneaux. Comme lors de l'essai précédent, un lot témoin sans tourteau de colza est comparé à deux lots recevant deux variétés de tourteaux. Ces variétés sont l'*Apex* contenant 9,04  $\mu\text{mol/g}$  MS de glucosinolates (dont 21% de progoitrine) et le *Synergy* contenant 14,14  $\mu\text{mol/g}$  de glucosinolates (dont 44% de progoitrine). Le choix s'est porté sur ces deux variétés parce que *Synergy* représente la majorité des emblavements belges de 1995 et que *Apex* montrait une répartition très différente des glucosinolates.

### **1. Animaux**

Dans un troupeau d'environ 150 brebis gestantes, l'échographie permet de détecter 90 gestations au moins gémellaires. Ces dernières brebis, de races pures (Texel, Suffolk) ou croisées avec du sang « Laitier » sont retenues pour l'expérience. Elles sont divisées en trois lots homogènes de 30 animaux au début de l'expérience.

Par la suite, certains brebis et agneaux sont retirés de l'interprétation des résultats pour diverses raisons: mortalité, mammites, absence de lait, allaitement simple au lieu de double. Pour l'interprétation des résultats, il est essentiel de conserver des lots aussi homogènes que possible, comme cela avait été fait pour l'expérience sur agneaux en croissance et engraissement.

### **2. Plan expérimental et méthodes d'analyse**

L'expérience commence le 21 décembre 1995 avec 90 brebis gestantes d'environ 100 jours et rentrant de prairie où elles avaient déjà libre accès au foin. Elles sont réparties en trois lots (Témoin, *Apex* et *Synergy*) et reçoivent à partir de ce moment et jusqu'au terme de la gestation, du foin de prairie à volonté ainsi que 500 g de concentrés (Témoin, *Apex*, *Synergy*, ces deux derniers contenant 40% de tourteaux de colza) par animal et par jour. Après les mises bas qui s'étalent du 24 janvier au 18 février 1996, la complémentation est portée à 1200 g de concentrés jusqu'au 23 mars. Ensuite les concentrés sont supprimés, les brebis ne recevant plus que du foin à

volonté jusqu'au 11 avril, date du sevrage. Après tarissement et période de transition, les brebis sont mises à l'herbe.

Dès le plus jeune âge (environ 10 jours), les agneaux ont accès à un concentré "agneaux" sans tourteau de colza qui est distribué à volonté jusqu'à l'abattage. Du foin est également disponible à volonté. Les agneaux sont regroupés après sevrage et, comme pour l'expérience précédente, ils sont abattus à un poids optimal de commercialisation.

Les procédures suivantes sont d'application dans l'ordre chronologique :

- échantillonnage et analyse des aliments ;
- toutes les deux semaines depuis le 21 décembre jusqu'au 11 avril :
  - prélèvement de 30 ml de sang à toutes les brebis, centrifugation et stockage à -22°C (11 prises de sang sur l'ensemble de l'expérience),
  - pesée de toutes les brebis,
  - pesée des ingestions de foin par les brebis,
  - pesée de tous les agneaux (qui est poursuivie régulièrement par la suite).
- toutes les deux semaines à partir de fin février, prélèvements de lait sur sept brebis par lot.
- abattage d'une brebis par lot en fin de distribution des aliments expérimentaux (le 28 mars) et aussi au sevrage (le 11 avril) ; prélèvement d'échantillons de différents organes et fluides (foie, reins, thyroïdes, sang, poumons, graisse périrénale, muscles et digesta de rumen et de caecum) ; pesée des thyroïdes ;
- prises de sang le 3 juin (après 50 jours de pâturage) à  $\pm 10$  brebis par lot en vue du contrôle de "désintoxication" ;
- abattage des agneaux et évaluation des carcasses dans les mêmes conditions que lors de l'expérience précédente ;
- dosages sanguins des  $T_3$  et  $T_4$ , du cortisol, de la PRL, de l' $E_2$ , de la  $P_4$ , de l'insuline et du glucose ;
- montage de coupes histologiques de foie, de rein et de thyroïde des six brebis abattues en vue de l'interprétation des différences de morphologie ;
- recherche de différents principes antinutritionnels dans les échantillons de lait, dans les tissus et les fluides (les mêmes que lors de l'expérience sur agneaux) chez les brebis abattues.

Les techniques d'analyse sont identiques à celles utilisées lors de la première expérience. La prolactine et les stéroïdes sexuels sont dosés par radio-immunoassay.

### **3. Aliments**

Les deux variétés de colza sont choisies sur base des analyses de glucosinolates réalisées sur diverses variétés de graines recueillies dans les champs.

Les tourteaux sont obtenus par le même procédé que lors de l'expérience précédente. Ils ont une teneur en matière grasse résiduelle de l'ordre de 15% et sont inclus dans les concentrés à raison de 40%.

La composition en matières premières des trois concentrés est donnée dans le tableau 2.1 et leur composition chimique dans le tableau 2.2 ; ce dernier tableau reprend aussi la composition chimique du foin qui est de qualité moyenne. Les concentrés sont pratiquement isoénergétiques, isoprotéiques et isolipidiques.

**Tableau 2.1. Composition des aliments brebis (en % sur brut).**

	<b>Témoin</b>	<b>Apex</b>	<b>Synergy</b>
Tourteau de cocotier	20	-	-
Froment	10	8,75	8,75
Rebulet	20	-	-
Glutenfeed de maïs	3,75	-	-
Tourteau de soja (44/7)	7,5	4,375	4,375
Luzerne déshydratée (17/100)	20	5,625	5,625
Graines de soja toastées	6,25	-	-
Mélasses de betteraves	4,5	8,25	8,25
Graines de lin	5	-	-
Pulpes sèches de betteraves	-	30	30
Minéraux et vitamines	3	3	3
Tourteau de colza gras	-	40	40

**Tableau 2.2. Analyse chimique des concentrés et du foin pour brebis sur base de la MS.**

	<b>Témoin</b>	<b>Apex</b>	<b>Synergy</b>	<b>Foin</b>
Energie nette (VEM) (1)	1104	1153	1147	766
Protéines brutes (%)	21,9	21,7	21,8	7,8
Cellulose brute (%)	9,55	11,83	11,26	32,0
Matières grasses (%)	7,0	7,25	7,65	-
Amidon (%)	12,56	5,23	5,75	-
Cendres brutes (%)	8,6	8,2	8,0	6,6
Digestibilité mat. org. en % (1)	89,1	88,7	89,2	-

(1) Méthode : DE BOEVER

La composition en acides gras des graisses pour les trois aliments est donnée dans le tableau 2.3.

**Tableau 2.3. Profil en acides gras des graines de colza *Apex* et *Synergy*, des tourteaux correspondants et des granulés pour brebis.**

Acide gras	Graine		Tourteau		Granulé		
	<i>Apex</i>	<i>Synergy</i>	<i>Apex</i>	<i>Synergy</i>	<i>Apex</i>	<i>Synergy</i>	Témoin
C 10	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,5
C 12	2,8	2,7	2,7	2,6	0,4	0,4	16,3
C 14	1,0	1,0	1,1	1,1	0,0	0,3	7,2
C 15	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,5	4,6
C 16	12,0	11,7	11,6	11,8	8,3	10,7	15,6
C 16:1	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,0
C 17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C 18	2,9	2,8	3,0	2,8	2,4	3,4	3,7
C 18:1 cis	43,9	44,0	43,9	44,3	49,6	46,6	22,4
C 18:1 trans	2,9	2,8	2,8	2,8	5,2	4,7	1,6
C 18:2 cis	23,3	23,2	23,5	23,2	21,8	22,3	20,6
C 18:3 alpha	7,9	7,8	7,7	7,6	6,0	6,0	4,4
C 20:0	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,5
C 20:1n9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,6	1,0
C 22:0	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6

Une nouvelle fois, les concentrés contenant le tourteau de colza ont des proportions nettement moindres d'acides gras saturés (C<sub>12</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>16</sub>) au bénéfice de l'acide oléique (C<sub>18,1</sub>).

Le tableau 2.4 donne les teneurs et la répartition des glucosinolates dans les concentrés contenant des tourteaux.

**Tableau 2.4. Profil en glucosinolates des aliments composés contenant du colza *Apex* et *Synergy* pour brebis.**

	<i>Apex</i>	<i>Synergy</i>
Glucosinolates totaux ( $\mu\text{mol/g MS}$ )	5,09	6,34
Glucoibérine (%)	0,36	0,00
Progoitrine (%)	25,78	39,59
Epiprogoitrine (%)	1,16	1,05
Napoléiférine (%)	1,23	2,65
Glucoalyssine (%)	0,22	0,00
Sinalbine (%)	0,29	0,77
Gluconapine (%)	19,24	15,61
4-OH glucobrassicine (%)	34,06	30,75
Glucobrassicinapine (%)	3,56	6,68
Glucobrassicine (%)	11,40	1,73
Gluconasturtiine (%)	0,87	0,00
4-Méthoxyglucobrassicine (%)	1,02	0,55
Néoglucobrassicine (%)	0,80	0,61

Le concentré *Synergy* est sensiblement plus riche en glucosinolates que l'*Apex* et il contient une proportion plus élevée de progoitrine et plus faible de glucobrassicine et de gluconapine.

## **4. Résultats**

### **4.1. Performances des brebis**

Chez les brebis, cinq décès sont constatés dont deux dans le lot témoin, un dans le lot *Apex* et deux dans le lot *Synergy*. Tous ces décès ont lieu en début d'expérience pendant la gestation. Les tourteaux de colza ne semblent pas devoir être mis en cause, les mortalités étant plutôt dues à des perturbations causées par la conduite générale des troupeaux (rentrée des animaux, allaitements, manipulations,...). Pour ce qui est des avortements, seul un cas dans le lot témoin et un cas dans le lot *Synergy* sont à signaler. Les causes probables sont aussi des perturbations générales.

Le tableau 2.5 donne pour les brebis les ingestions journalières de foin et les paramètres permettant d'évaluer l'évolution pondérale.



**Tableau 2.5. Ingestions et performances des brebis.**

		<b>Témoin</b>	<i>Apex</i>	<i>Synergy</i>
<u>Ingestions de foin</u>				
- 6 à +6 semaines (parturition)	kg/j	1,59	1,49	1,50
- 2 semaines après concentrés	kg/j	2,22	2,27	2,16
<u>Poids vif</u>				
- 21/12	kg	69,0	72,1	72,6
- 28/3	kg	68,3	65,4	67,6
- 11/4	kg	64,1	60,9	64,6
<u>Evolution du poids</u>				
- avant mise bas	g/j	+257	+282	+285
- après mise bas	g/j	+127	-22	+26

Rappelons que durant la gestation, les brebis reçoivent une quantité fixe de 500 g de concentrés. Durant les six premières semaines d'allaitement, elles bénéficient de 1200 g des mêmes aliments et que seul du foin est disponible pendant les deux dernières semaines d'allaitement. Dans les trois lots, les concentrés, distribués en une seule fois, sont ingérés rapidement. Aucun problème d'appétence n'est constaté.

En moyenne durant les douze semaines de distribution de concentrés, les témoins mangent 6,4 % de foin en plus que les lots colza, ce qui est difficilement justifiable par les traitements expérimentaux. La lactation ne provoque qu'une faible augmentation de l'ingestion de foin ce qui doit être mis en relation avec la nette hausse de la complémentation en concentrés. L'arrêt de cette complémentation n'entraîne qu'une augmentation de 700 à 800 g dans la consommation de foin.

Les consommations respectives de foin et de concentrés par les animaux font que, en gestation, les concentrés et le tourteau de colza représentent respectivement en moyenne 26% et 11% de la ration totale, contre respectivement 41% et 16% en moyenne pendant les six premières semaines de lactation.

Au début de l'expérience (21/12), les brebis du lot témoin ont un poids moyen légèrement inférieur à celui des deux autres lots. Jusqu'à la mise bas, les prises de poids sont équivalentes pour les deux lots colza et un peu plus faibles pour le lot témoin malgré la meilleure ingestion de foin.

Après l'agnelage, qui fait perdre de 15 à 17 kg de poids vif selon les lots, les brebis du lot témoin gagnent un peu de poids (127 g/jour), alors que ce poids évolue peu pour les lots nourris aux tourteaux. Entre l'arrêt de la distribution des concentrés (28/03) et le sevrage (11/04), les pertes sont de 3 à 5 kg par animal.

## **4.2. Performances des agneaux**

Le tableau 2.6 donne les performances des agneaux.

**Tableau 2.6. Ingestions et performances des agneaux.**

		<b>Témoin</b>	<b>Apex</b>	<b>Synergy</b>
Mortalité	%	10	5	0
Poids à la naissance	kg	3,9	4,6	4,2
Croissance (avant sevrage)	g/j	234	250	238
Croissance (après sevrage)	g/j	260	259	253
Croissance (générale)	g/j	255	257	251
Age de l'abattage	j	115	104	111
Poids à l'abattage	kg	32,8	31,0	30,9
Poids de la carcasse	kg	15,1	14,6	14,9
Rendement	%	48,9	48,4	48,0

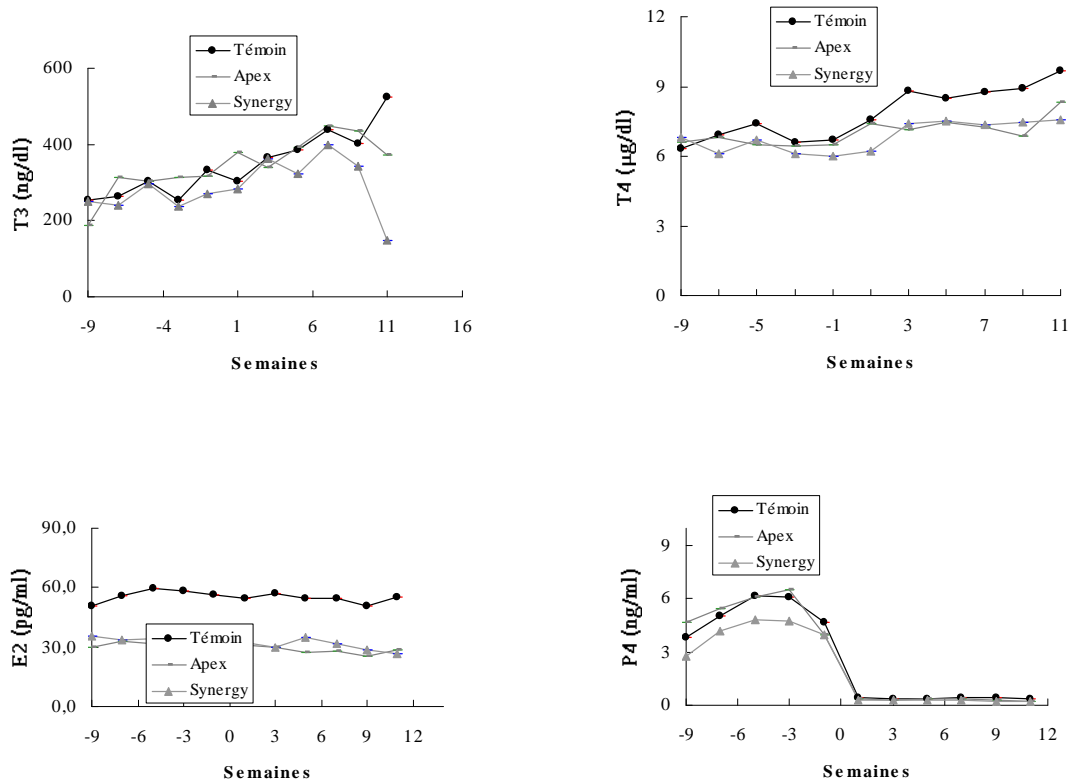
La mortalité (mortalité des agneaux endéans les 24 heures de vie), calculée uniquement sur les agneaux nés doubles, est de 4/40 soit 10% pour le lot témoin, de 2/42 soit 5% pour le lot *Apex* et de 0/42 soit 0% pour le lot *Synergy*. Le tourteau de colza n'a donc manifestement pas eu d'effet néfaste au niveau des mortalités. Par la suite, quelques décès sont à signaler vu le manque de lait (mammites importantes).

Le poids des agneaux à la naissance est légèrement plus élevé pour les lots "colza", surtout le lot *Apex*. Globalement, la vitesse de croissance est quasiment identique dans les trois lots et les performances d'abattages sont également très proches, les agneaux du lot *Apex* étant abattus un peu plus précocement, mais à un poids un peu plus faible.

Pour des rations comparables par leur composition et leur niveau d'ingestion chez les mères, les résultats des agneaux sont donc aussi comparables. Aucun effet néfaste des tourteaux de colza n'est apparent.

## **4.3. Paramètres sanguins**

Les figures 2.1 et 2.2 représentent les évolutions des concentrations plasmatiques des hormones et du glucose. Ces évolutions sont établies, non sur base chronologique des prises de sang, mais par rapport aux dates d'agnelage.



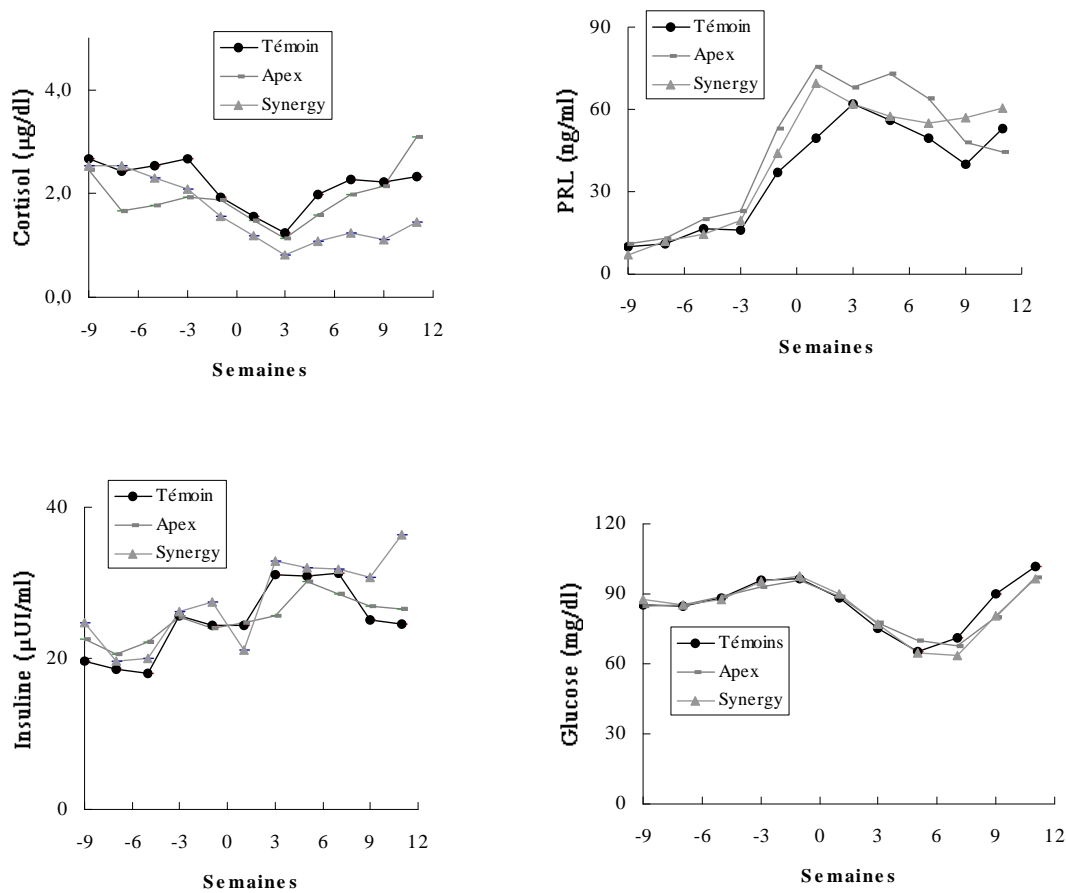
**Figure 2.1. Evolution des concentrations plasmatiques des hormones thyroïdiennes et des stéroïdes ovariens chez les brebis (J0 = date moyenne d'agnelage).**

L'évolution des hormones thyroïdiennes (figure 2.1) est marquée par une augmentation générale après l'agnelage, qui est néanmoins un peu moins prononcée chez les lots colza pour la T<sub>4</sub>. Une nette diminution de la concentration en T<sub>3</sub> est observée dans le lot *Synergy* en fin d'expérience, mais à ce moment la distribution des concentrés est arrêtée depuis quelques semaines. Globalement et malgré le pourcentage de tourteaux dans les concentrés, on peut conclure que les effets des tourteaux de colza sur les hormones thyroïdiennes sont très limités, sinon nuls chez les brebis, contrairement à ce qui a été observé chez les agneaux.

Les valeurs obtenues pour l'oestradiol (figure 2.1) sont inattendues. D'une part, elles sont toujours significativement supérieures pour le lot témoin, y compris lors de la prise de sang réalisée le premier jour de distribution des concentrés contenant des tourteaux de colza ; cette constatation ne permet pas de conclure quant à un éventuel effet de ces tourteaux. D'autre part, les courbes ne montrent aucune évolution à l'approche et après la parturition, ce qui est en désaccord avec l'évolution classiquement observée. Les échantillons ont dès lors été soumis à une deuxième analyse dont les résultats ont confirmé ceux de la première.

Pour la progestérone (figure 2.1), l'évolution classique (augmentation pendant la gestation, chute brutale lors des jours précédant la parturition et faibles valeurs pendant la lactation) est observée. En gestation, les valeurs sont plus faibles pour le lot *Synergy* et les différences ne sont pas significatives.

Les concentrations plasmatiques de cortisol (tendance à la diminution durant la gestation et à l'augmentation pendant la lactation), de l'insuline (faible tendance à l'augmentation en fin de gestation et fluctuations en lactation) et du glucose (augmentation en fin de gestation et diminution en début de lactation) montrent des évolutions comparables et des valeurs semblables pour les trois lots.



**Figure 2.2. Evolution des concentrations plasmatiques en cortisol, prolactine, insuline et glucose chez les brebis (J0 = date moyenne d'agnelage).**

#### **4.4. Poids et structure des thyroïdes**

Rappelons que dans chaque lot, une brebis est abattue à la fin de la distribution des concentrés (28/03) et une deuxième deux semaines plus tard (11/04). La

comparaison ne portant chaque fois que sur un animal, elle doit être considérée avec prudence.

Les valeurs obtenues pour le poids des thyroïdes sont données au tableau 2.7.

**Tableau 2.7. Poids des thyroïdes (g) et ratio avec le poids vif chez les brebis.**

	<b>Témoin</b>	<i>Apex</i>	<i>Synergy</i>
Poids (g)			
• 1ère brebis	7,49	18,34	10,39
• 2ème brebis	5,88	5,34	5,27
Ratio (g de thyroïdes x 10 <sup>3</sup> /kg PV)			
• 1ère brebis	153,95	265,77	148,47
• 2ème brebis	110,00	92,90	73,69

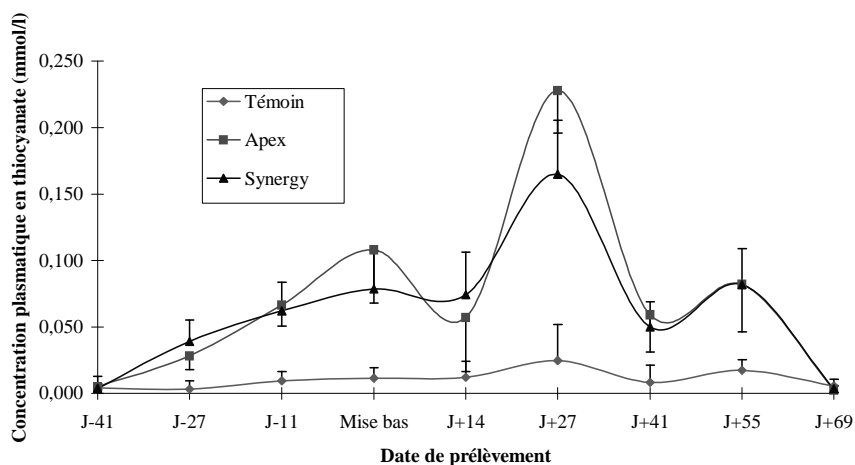
A la fin de la distribution des concentrés, la brebis ayant reçu du tourteau de colza *Apex* montre un poids et un ratio nettement plus élevé que la brebis témoin, ce qui n'est pas le cas pour la brebis *Synergy*. Après quatorze jours d'arrêt de distribution de concentrés, les poids sont égaux pour les trois brebis et la thyroïde semble être revenue à son état normal.

Les figures 2.3 et 2.4 montrent des photographies de coupes de tissu thyroïdien chez les brebis témoins et *Apex* abattues le 28/3. Chez la brebis *Apex* plus que chez la brebis *Synergy* (non montrée), on observe par rapport à la brebis témoin un volume plus grand des vésicules, un nombre accru de cellules cubiques dans l'épithélium vésiculaire et une augmentation du nombre et du volume des vacuoles de résorption.

Chez les brebis abattues deux semaines après l'arrêt des apports de concentrés, une « récupération » marquée par une augmentation du nombre de petites vésicules est constatée, ce qui indique que les modifications structurales dues au colza sont réversibles.

#### **4.5. Dérivés des glucosinolates**

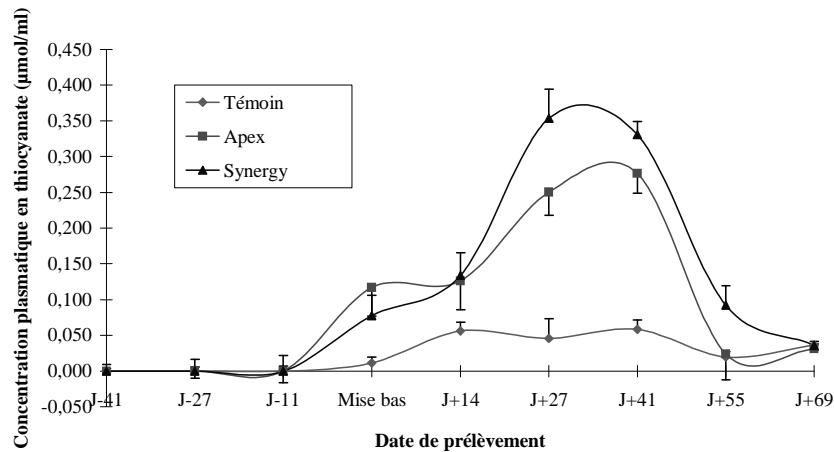
Etant donné que les analyses réalisées chez les agneaux n'ont montré aucune présence détectable de glucosinolates intacts, d'isothiocyanates ni de nitriles, seuls les ions SCN<sup>-</sup> et la 5-VOT ont été recherchés chez les brebis.



**Figure 2.5.** Evolution au cours du temps de la teneur plasmatique en ions  $\text{SCN}^-$  chez les brebis.

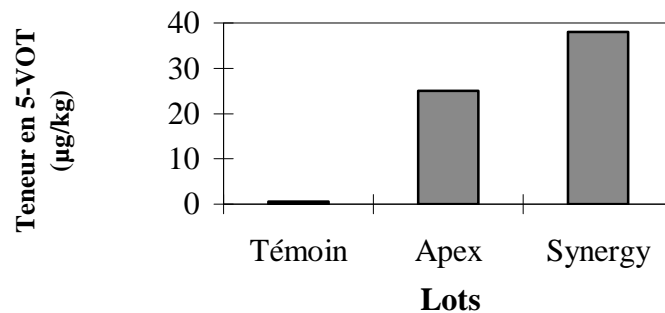
La figure 2.5 donne l'évolution, en fonction des dates de mises bas, de la concentration en ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma des brebis. Chez les brebis témoins, de faibles concentrations sont continuellement détectées. Chez les deux lots de brebis nourris au colza, une augmentation progressive de la concentration en  $\text{SCN}^-$  se produit à la fin de la gestation. Les deux premières semaines de la lactation sont marquées par une stabilisation et un tassement, suivis d'une brutale augmentation deux semaines plus tard. Les valeurs diminuent ensuite. La fin de l'apport des concentrés (jour 55 environ) provoque une disparition rapide des ions du sang et les valeurs sont quasi nulles deux semaines plus tard.

La figure 2.6 montre l'évolution des concentrations d'ions  $\text{SCN}^-$  dans le lait des trois groupes de brebis. Dans le groupe témoin, on observe des valeurs non négligeables principalement aux jours 15 à 41 de la lactation, ce qui indique que les concentrés distribués provoquent une libération de ces ions dans l'organisme. Chez les deux groupes de brebis recevant des tourteaux de colza, les concentrations augmentent fortement et sont maximales après quelques semaines de lactation. Elles chutent brutalement dès l'arrêt de la distribution des concentrés.



**Figure 2.6. Evolution au cours du temps de la teneur en ions  $\text{SCN}^-$  du sérum de lait de brebis.**

Les résultats repris sur les figures 2.5 et 2.6 paraissent indiquer que ce n'est qu'après quelques semaines de distribution abondante de tourteaux de colza que la concentration plasmatique en ions  $\text{SCN}^-$  augmente fortement. De plus, après quelques semaines de valeurs élevées, une diminution est observée, ce qui semble indiquer que s'installent des processus de détoxication de l'organisme.



**Figure 2.7. Concentration en 5-VOT dans la thyroïde de brebis**

La figure 2.7 donne les concentrations en 5-VOT dans les tissus thyroïdiens des trois brebis abattues le 28/03, soit à la fin de la distribution des concentrés. Pratiquement nulle chez la brebis témoin, cette concentration atteint des valeurs élevées chez les brebis nourries au colza.

## **5. Conclusions**

La comparaison des effets de deux tourteaux de colza (*Apex* et *Synergy* avec respectivement une teneur en glucosinolates de 9,04 et 14,15  $\mu\text{mol/g MS}$ ) intégrés à raison des 40% dans les aliments composés chez des brebis en gestation et lactation, par rapport aux performances d'animaux témoins ne recevant pas de colza, permet de tirer les conclusions suivantes :

- Globalement et pour l'ensemble de la période d'expérimentation, la distribution des tourteaux de colza n'a aucun effet marqué sur les performances des brebis (évolution du poids vif, ingestion de foin, mortalité), ni sur celles des agneaux (poids à la naissance, mortalité, gains en poids, qualité de la carcasse).
- Si ce n'est une concentration plasmatique plus faible en œstrogènes (mais dont il n'est pas évident qu'elle puisse être attribuée au colza) et une augmentation moindre de la concentration plasmatique en  $T_4$ , les paramètres sanguins étudiés (hormones et glucose) ne sont pas modifiés par la distribution de concentrés contenant du tourteau de colza.
- Les tourteaux de colza et surtout l'*Apex* augmentent le poids et modifient la structure de la thyroïde, mais une bonne « récupération » a lieu deux semaines après l'arrêt des apports ; ces conclusions doivent être prises avec circonspection en raison de la faible importance des effectifs.
- L'apport des tourteaux de colza provoque une augmentation des ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma et ensuite dans le lait ; ce mécanisme est surtout efficace après quelques semaines de lactation ; plus tard une « adaptation » avec diminution des valeurs se produit ; deux semaines après l'arrêt des apports de tourteau, les teneurs observées dans le plasma et dans le lait sont revenues aux mêmes valeurs que celles des animaux du lot témoin.
- Les tourteaux de colza provoquent une accumulation de 5-VOT dans la thyroïde.



### **CHAPITRE III. TAURILLONS EN CROISSANCE- ENGRAISSEMENT**

La troisième expérience est réalisée avec des taurillons de la race "Blanc-Bleu Belge" (BBB) et poursuit le même but que la première. Elle consiste à rechercher les effets de l'incorporation de 20% de tourteau de colza dans les aliments composés sur les mécanismes de croissance – engraissement. La disponibilité en animaux a limité l'expérience à l'étude d'une seule variété de colza, le cultivar *Synergy* (14,15  $\mu\text{mol/g MS}$ ), qui a déjà été testée chez des brebis au cours de la deuxième expérience pour la raison précédemment évoquée.

#### **1. Animaux**

L'expérience a débuté avec quatorze taurillons de race "Blanc-Bleu Belge" (BBB) de type culard qui furent répartis en deux groupes homogènes. Au commencement de l'expérience, les animaux sont âgés de 9 mois et pèsent 280 kg. Une période préexpérimentale où les animaux reçoivent un aliment composé sec a lieu durant 15 jours. Lors de l'allotement, les animaux sont vermifugés et vaccinés contre les gripes IBR, RSV et PI<sub>3</sub>. Malgré ces vaccinations, un taurillon de chaque groupe contracte la grippe qui se complique en laryngite. Cette dernière ne peut être éradiquée et ces taurillons sont abattus prématurément au mois d'avril 1996. L'interprétation globale des résultats porte alors sur deux lots de six animaux.

#### **2. Plan expérimental**

L'expérience a commencé le 4 octobre 1995 après la constitution des deux lots homogènes de sept taurillons. Pendant toute la durée de l'expérience qui se termine le 7 août 1996 par l'abattage des deux derniers animaux, les deux lots sont maintenus en stabulation libre dans deux loges adjacentes, avec inversion des lots dans les loges tous les deux mois pour éviter un éventuel effet du milieu. Les abattages débutent le 30 mai 1996 et s'étalent jusqu'au 7 août ; ils portent chaque fois sur l'animal le plus lourd de chaque lot.

Les principales procédures retenues pour cette expérience sont :

- distribution de paille fraîche à volonté;
- distribution quotidienne de concentrés en quantités telles que l'auge soit vide en 23 heures (cette pratique se justifie par le fait qu'il ne reste ainsi jamais d'aliments souillés par la salive pouvant entraîner des fermentations);

- pesées toutes les quatre semaines des quantités de concentrés ingérées;
- pesées des animaux toutes les quatre semaines, et la veille du départ pour l'abattoir;
- prises de sang toutes les quatre semaines (30 ml par taureau) et à l'abattage (50 ml); centrifugation et stockage du plasma à -22°C;
- abattage au poids idéal de commercialisation (610 à 680 kg);
- relevé des poids de carcasses et examen visuel sommaire;
- pesées de différents organes (foie, reins, thyroïdes);
- prélèvements des deux thyroïdes, d'un échantillon de foie, de rein, de poumon, de muscle et de digesta (ruminal et caecal);
- mise en culture des thyroïdes;
- dosage des hormones T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, cortisol, insuline et testostérone dans le plasma;
- dosage des GOT et GPT dans le plasma;
- analyse histologique des foies, des reins et des thyroïdes;
- recherche des dérivés des glucosinolates dans les différents prélèvements.

Les techniques d'analyse sont les mêmes que celles utilisées lors des expériences précédentes. La testostérone est dosée par radio-immunoassay.

### **3. Aliments**

Les processus de choix de la variété *Synergy* et d'obtention du tourteau ont été décrits dans le chapitre précédent.

La composition en matières premières des deux aliments concentrés et leur analyse chimique sont données dans les tableaux 3.1 et 3.2.

**Tableau 3.1. Composition des aliments pour taurillons (%).**

	<b>Témoin</b>	<b><i>Synergy</i></b>
Minéraux et vitamines	1,5	1,5
Concentré gras (42% MG)	4,5	0
Féveroles	2	4
Escourgeon	5	5
Rebulet de froment	7,75	6
Glutenfeed de maïs	5	5
Tourteau de soja (44/7)	6,75	3,25
Luzernes déshydratées (17/100)	4,75	1,25
Mélasse de betteraves	2,75	3
Tourteau de lin gras (7% MG)	10	1
Pulpes de betteraves	50	50
Tourteau de colza gras (15% MG)	0	20

**Tableau 3.2. Analyse des aliments pour taurillons (sur base de la MS).**

	<b>Témoïn</b>	<b>Synergy</b>
VEVI (1)	1153	1206
Matières azotées totales (%)	17,1	17,1
Matières grasses (%)	4,45	4,3
Amidon (%)	15,59	15,78
Cendres totales (%)	8,02	8,22
Glucosinolates (µmol/g MS)	-	3,14
Digestibilité mat. org. (%) (1)	89,49	89,93

(1) Méthode de DE BOEVER.

Etant donné que seule de la paille est distribuée en plus des concentrés, une proportion prudente de 20% de tourteaux de colza dans les concentrés *Synergy* est retenue. De plus, les deux concentrés sont fabriqués pour être isoénergétiques, isoprotéiques et isolipidiques.

**Tableau 3.3. Profil en acides gras du tourteau de colza et des aliments composés pour taurillons.**

<b>Acide gras</b>	<b>Tourteau <i>Synergy</i></b>	<b>Granulés Témoïn</b>	<b>Granulés <i>Synergy</i></b>
C 10	1,0	3,4	3,4
C 12	2,6	0,0	0,3
C 14	1,0	1,7	0,3
C 15	0,0	4,9	2,8
C 16	11,8	24,3	11,1
C 16:1	0,4	1,0	0,4
C 17	0,0	0,0	0,0
C 18	2,8	9,0	2,5
C 18:1 cis	44,3	25,8	43,4
C 18:1 trans	2,8	2,4	4,0
C 18:2 cis	23,2	19,4	23,2
C 18:3 alpha	7,6	7,0	6,4
C 20:0	0,7	0,6	0,8
C 20:1n9	1,0	0,3	0,9
C 22:0	0,7	0,2	0,5

La composition en acides gras des graisses des concentrés énergétiques est donnée dans le tableau 3.3. Comme précédemment, elle se caractérise par des proportions plus élevées d'acides saturés (C<sub>14</sub>, C<sub>16</sub>, C<sub>18</sub>) et moindres des acides oléique (C<sub>18.1</sub>) et linoléique (C<sub>18.2</sub>) dans les granulés ne contenant pas de colza.

Les aliments composés contenant du tourteau de colza *Synergy* présentent une concentration de 3,61  $\mu\text{mol/g}$  MS en glucosinolates avec des proportions de 51% en progoitrine, 26% en 4-OH glucobrassicine et 20% en gluconapine.

## **4. Résultats**

Le tableau 3.4 résume les performances zootechniques des deux lots de taurillons.

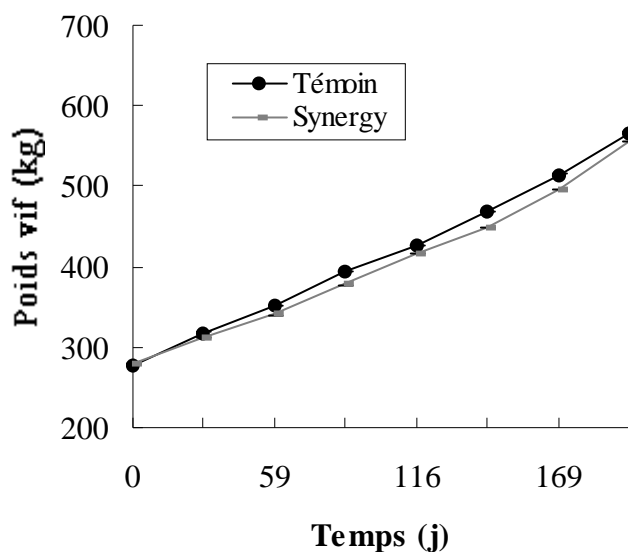
**Tableau 3.4 : Résumé des performances zootechniques pour les deux lots de taurillons.**

	<b>Témoïn</b>	<b><i>Synergy</i></b>
Poids initial (kg)	278 $\pm$ 60	281 $\pm$ 43
Poids final (kg)	658 $\pm$ 35 <sup>a</sup>	630 $\pm$ 18 <sup>b</sup>
Jours d'expérience	273	273
<b>Gain quotidien moyen (kg/j)</b>		
- 4/10 – 29/11/95	1,30 $\pm$ 0,11	1,08 $\pm$ 0,04
- 27/12 – 21/2/96	1,40 $\pm$ 0,23	1,29 $\pm$ 0,07
- 20/3 – 17/4/96	1,76 $\pm$ 0,54	1,91 $\pm$ 0,31
<b>Gain quotidien général (kg/j)</b>		
- 4/10/95 – 17/4/96	1,49 $\pm$ 0,25	1,43 $\pm$ 0,38
Ingestion totale de concentrés (kg)	2129	2070
Ingestion / jour / taureau (kg cc)	7,80 $\pm$ 0,98	7,58 $\pm$ 10,00
Ingestion / 100 kg PV	1,67 $\pm$ 0,18	1,68 $\pm$ 0,13
Indice de conversion	5,59 $\pm$ 0,84	5,81 $\pm$ 0,83
Poids de la carcasse (kg)	429 $\pm$ 16 <sup>a</sup>	409 $\pm$ 15 <sup>b</sup>
Rendement d'abattage (%)	65 $\pm$ 0,0	65 $\pm$ 0,0

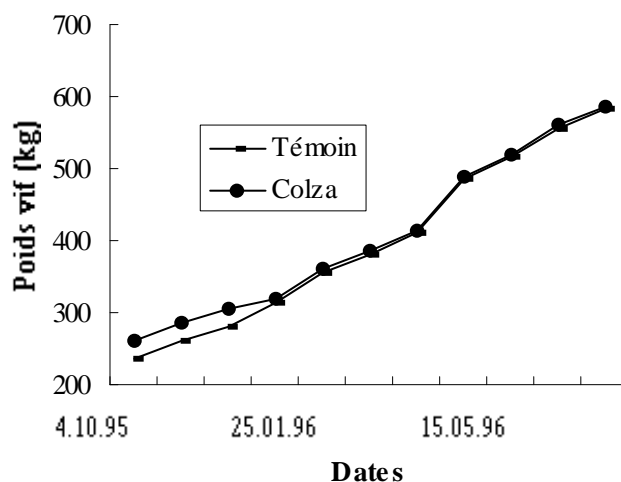
a – b : moyennes significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

### **4.1. Poids vifs et gains en poids**

La figure 3.1 montre l'évolution moyenne du poids vif des deux lots de taurillons aussi longtemps qu'ils étaient complets et la figure 3.2 représente la même évolution pour les 3 animaux les plus lents de chaque groupe.



**Figure 3.1. Evolution du poids vif des deux lots de taurillons (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**



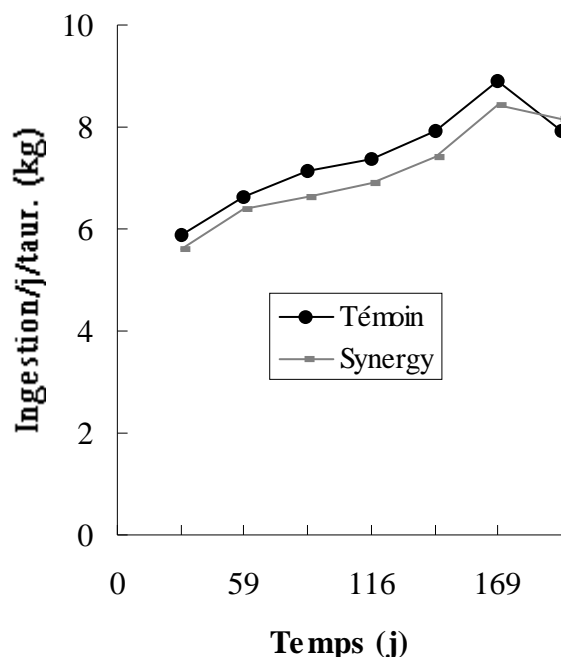
**Figure 3.2. Evolution du poids vif des trois taureaux les plus lents de chaque lot (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**

Ces figures et les valeurs données dans le tableau 3.4 indiquent que pendant les premiers mois d'engraissement, le groupe colza gagne sensiblement moins de poids que le groupe témoin. Au moment de l'abattage, soit après 273 jours d'expérimentation, le poids vif moyen est de 28 kg supérieur dans le groupe témoin, ce qui semblerait indiquer un effet défavorable du colza. Mais cet effet, s'il existe, devrait porter sur les animaux les plus lents, ce qui n'est pas le cas (figure 3.2). Des

différences génétiques pourraient dès lors être à l'origine de la différence entre les groupes.

#### 4.2. Ingestions et efficacités alimentaires

La figure 3.3 donne l'évolution des ingestions quotidiennes de concentrés chez les deux lots d'animaux.



**Figure 3.3. Ingestions journalières de concentrés par les taurillons ( $n = 7$ ). (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**

Cette figure et les valeurs du tableau 3.4 permettent d'observer, jusqu'en mars 1996 et dans les deux lots, une augmentation régulière des ingestions journalières d'aliments composés avec une supériorité continue de 250 à 500 g. pour le lot témoin. Après le 20 mars, la tendance à l'augmentation se poursuit de manière ralentie mais les courbes deviennent plus irrégulières en raison de l'épidémie de grippe et de la diminution progressive du nombre d'animaux par lot suite aux abattages échelonnés.

Globalement les taureaux du lot témoin consomment 59 kg de concentrés en plus que les taureaux du lot *Synergy* durant les 273 jours d'expérience. Malgré cela et en raison de l'évolution des gains en poids des animaux, l'indice de conversion est légèrement plus élevé pour le groupe *Synergy*, mais de manière non significative.

Le tableau 3.4 permet aussi de constater que sur base du poids vif, les ingestions de concentrés sont les mêmes dans les deux lots.

### **4.3. Performances d'abattage**

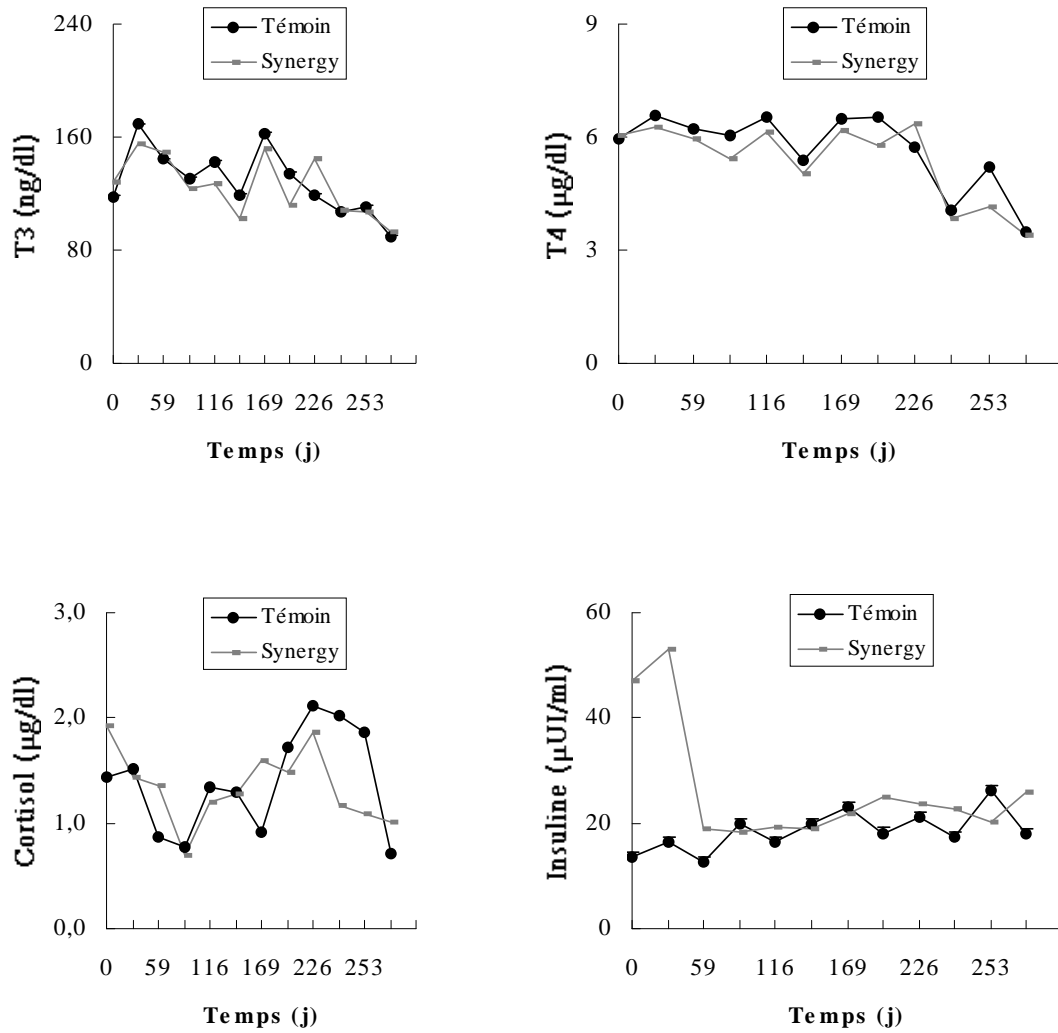
Le tableau 3.4 montre que pour un abattage après une même période d'engraissement et un poids initial proche, les taurillons nourris au tourteau de colza présentent une carcasse d'un poids de 20 kg inférieur à celui des carcasses du lot témoin.

Le rendement à l'abattage est identique pour les deux lots.

Une évaluation économique du coût alimentaire de l'engraissement indique que, sur base des prix pratiqués en 1995-1996 pour les aliments du bétail, un kg de poids vif de croît coûte environ 50 BEF et un kg de carcasse de 75 à 80 BEF, pour le lot colza.

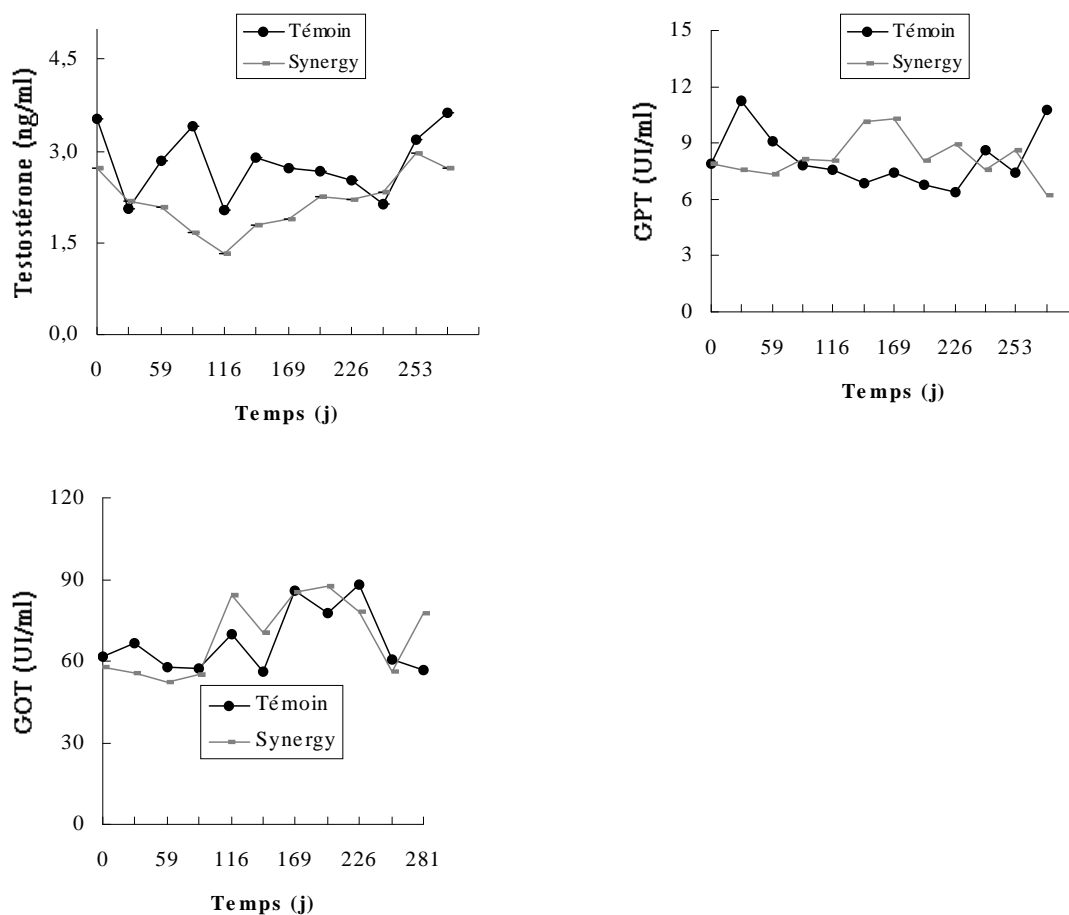
### **4.4. Paramètres sanguins**

Les figures 3.4 et 3.5 représentent les évolutions des concentrations plasmatiques des hormones et des enzymes hépatiques au cours de l'expérimentation.



**Figure 3.4. Evolutions des concentrations plasmatiques des hormones thyroïdiennes, du cortisol et de l'insuline chez les taurillons (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**





**Figure 3.5. Evolution des concentrations plasmatiques, de la testostérone et des enzymes hépatiques chez les taurillons (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**

En cours d'engraissement, certaines substances montrent une évolution progressive : diminution du taux des hormones thyroïdiennes  $T_3$  et  $T_4$ , fluctuations du cortisol, de la testostérone et des enzymes hépatiques et stabilisation du taux d'insuline.

Par rapport au groupe témoin et contrairement à ce qui se passe chez les agneaux, le colza ne modifie pas la concentration plasmatique en hormones thyroïdiennes. Pour le cortisol, les valeurs sont fluctuantes et comparables dans les deux groupes. Pour l'insuline, des valeurs très élevées et apparemment accidentelles sont observées lors des deux premières prises de sang (dont la première est réalisée au départ de l'expérience) chez le groupe *Synergy*. De plus et ce point devrait être approfondi, la distribution de colza diminue de manière significative la concentration en testostérone du plasma pendant environ cinq mois, après quoi les valeurs redeviennent quasiment identiques dans les deux groupes. Quant aux enzymes

hépatiques, les valeurs des teneurs plasmatiques sont fluctuantes et globalement identiques dans les deux groupes.

#### **4.5. Poids des organes, structure et activité des thyroïdes**

Le tableau 3.5 donne les poids moyens des organes prélevés chez les taureaux à l'abattage et le tableau 3.6 consigne certains paramètres relatifs à l'histologie des thyroïdes.

**Tableau 3.5. Poids de divers organes des taurillons.**

	<b>Poids final (kg)</b>	<b>Foie (kg)</b>	<b>Rein (kg)</b>	<b>Thyroïde gauche (g)</b>	<b>Thyroïde droite (g)</b>	<b>Rapport thyroïdien</b>
<b>Témoin</b>						
Moyenne	658	6,50	1,20	18,87	18,33	55,78
Ecart-type	34,83	0,48	0,17	11,11	10,60	29,82
<b>Synergy</b>						
Moyenne	630	6,57	1,13	19,85	18,72	61,40
Ecart-type	17,77	1,97	0,05	6,60	7,85	22,47

**Tableau 3.6. Structure des thyroïdes des taurillons.**

	<b>Surface des follicules (p<sup>2</sup>)</b>	<b>Hauteur des cellules (p)</b>	<b>Classes des follicules (%)</b>		
			<b>Petits (25p)</b>	<b>Moyens (50 p)</b>	<b>Gros (75 p)</b>
<b>Témoin</b>					
Moyenne	49,3	12,6	32	31	37
Ecart-type	25	1,4	14	10	22
<b>Colza</b>					
Moyenne	41,7	12,0	31	28	41
Ecart-type	11	3,7	14	4	17

Que ce soit pour le foie, les reins ou les thyroïdes, les poids sont très proches dans les deux lots. Le rapport thyroïdien est légèrement supérieur dans le lot *Synergy*, mais la différence n'est pas significative. Le tourteau de colza provoque aussi une

diminution non significative de la surface des follicules thyroïdiens alors que les autres paramètres thyroïdiens sont proches pour les deux lots.

La mise en culture des tranches de thyroïde selon les mêmes méthodes que celles utilisées lors de la première expérience montre, comme lors de celle-ci, un simple relargage rapide des hormones thyroïdiennes  $T_3$  et  $T_4$  (figures 3.6 et 3.7). Mais contrairement à ce qui avait été observé chez les agneaux, l'accumulation d'hormones thyroïdiennes dans le milieu est ici plus élevée chez les groupes recevant du tourteau de colza dans la ration.

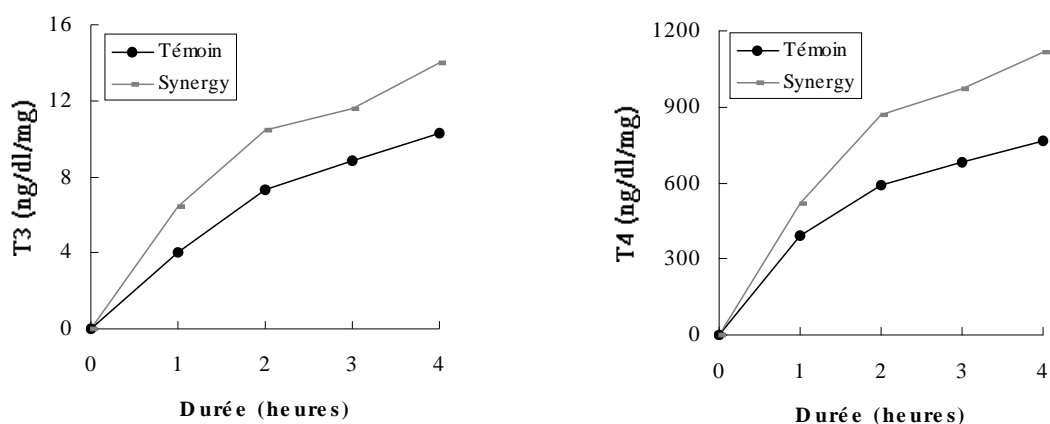


Figure 3.6. Evolution des concentrations en  $T_3$  et  $T_4$  dans le milieu de culture des tissus thyroïdiens des taurillons (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).

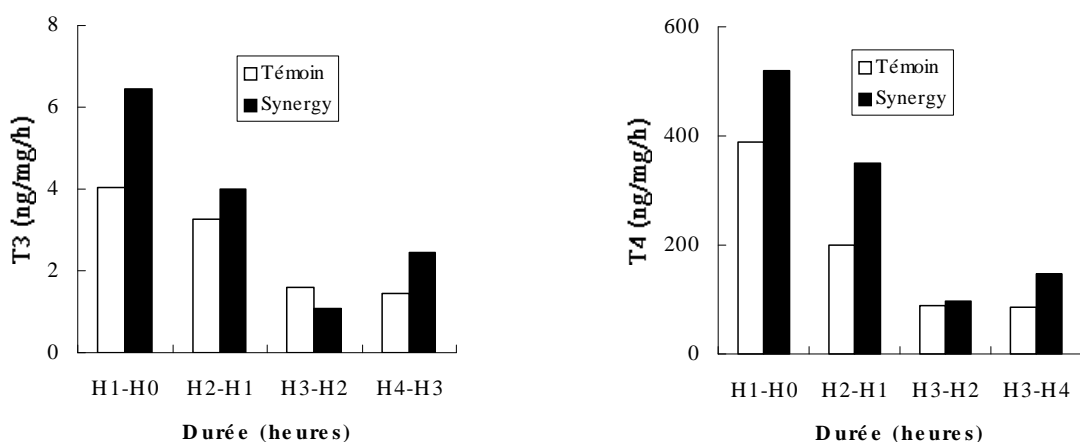


Figure 3.7. Evolution de la production de  $T_3$  et  $T_4$  par les tissus thyroïdiens des taurillons (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).

#### 4.6. Produits de dégradation des glucosinolates

La figure 3.8 montre l'évolution des concentrations plasmatiques en ions  $SCN^-$  chez les deux groupes de taureaux en cours d'engraissement.

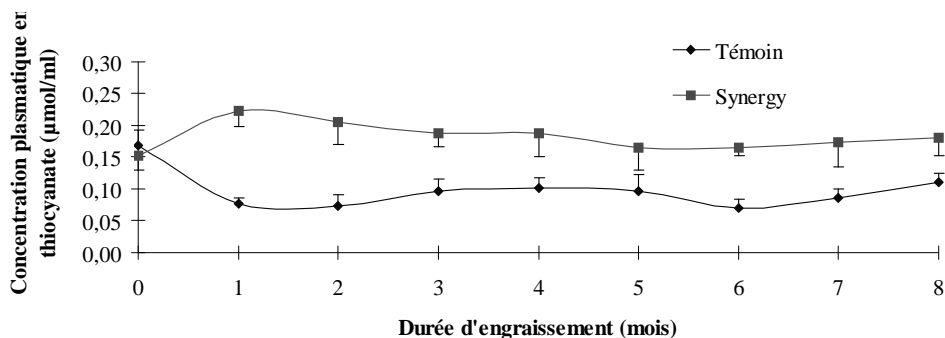


Figure 3.8. Evolution en fonction du temps de la teneur en ions  $\text{SCN}^-$  du plasma de taurillons.

Au départ de l'expérience, les valeurs sont égales dans les deux lots. Un mois plus tard, la concentration est nettement plus élevée dans le lot *Synergy* et ensuite elle reste stable dans les deux lots.

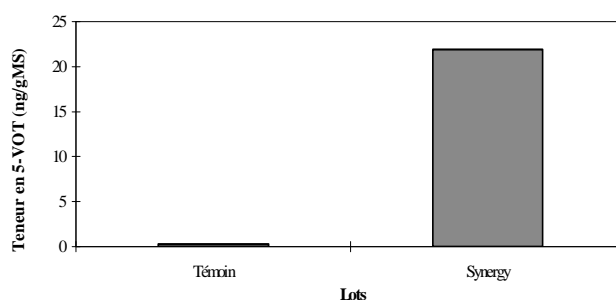


Figure 3.9. Concentration en 5-VOT dans la thyroïde des taurillons.

La figure 3.9 indique que la concentration en 5-VOT dans la thyroïde est pratiquement nulle chez les animaux témoins, alors que cette substance est largement présente chez les animaux du lot *Synergy*.

## **5. Conclusions**

Chez des taurillons BBB à l'engraissement, l'introduction de 20% de tourteaux de colza *Synergy* (14,15  $\mu\text{mol}$  de glucosinolates/g MS) et la comparaison avec un lot d'animaux ne recevant pas ce tourteau permet de tirer les conclusions suivantes :

- Les performances de croissance des taurillons sont très bonnes avec le tourteau de colza (gain quotidien moyen de 1,30 kg sur toute la période) et statistiquement comparables à celles du lot témoin (1,39 kg de gain quotidien) ; la légère différence observée est due aux animaux à croissance la plus rapide.
- Les ingestions journalières d'aliments composés ne sont pas modifiées par le tourteau de colza lorsqu'elles sont exprimées par rapport au poids vif ; en valeur absolue, elles sont néanmoins légèrement plus faibles avec ce tourteau en raison principalement d'un démarrage plus lent, mais l'indice de conversion alimentaire est quelque peu plus élevé au début de l'expérience.
- A l'abattage, pour une même durée d'engraissement, le lot *Synergy* présente des performances légèrement inférieures tant pour le poids vif final (différence de 28 kg) que pour le poids des carcasses (différence de 20 kg) en raison surtout des grandes différences individuelles, le rendement d'abattage n'étant pas affecté.
- Si ce n'est une diminution temporaire de la testostéronémie, la distribution du tourteau de colza n'a pas d'effet sur les concentrations sanguines des différentes substances, ni sur celles des hormones thyroïdiennes ; l'émission de certaines de ces hormones évolue avec l'âge et l'abattage provoque de profondes perturbations dans les sécrétions endocrines.
- La distribution du tourteau de colza n'a pas d'effet sur le poids du foie et des reins ni sur le poids et la structure histologique des thyroïdes contrairement à ce qui a été observé chez l'agneau ; la structure et l'activité de ces dernières ne sont que faiblement modifiées.
- Le tourteau de colza provoque une accumulation permanente et constante d'ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma et de 5-VOT dans la thyroïde des animaux.

## **CHAPITRE IV. SEUIL « ZERO EFFETS - TROUBLES » DU TOURTEAU DE COLZA CHEZ L'AGNEAU**

La première expérience réalisée avec des agneaux a montré que l'incorporation dans des concentrés de 25% de tourteau de colza, même à concentration relativement élevée en glucosinolates, n'a pas d'effet sur les performances de croissance, sur la santé ni sur les résultats d'abattage des animaux. Elle provoque par contre une hypertrophie et une modification histologique de la thyroïde accompagnées d'une émission moindre d'hormones thyroïdiennes T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub>, d'une augmentation d'ions SCN<sup>-</sup> dans le plasma et dans divers organes (thyroïdes, foie, reins, poumons) et d'une accumulation de 5-VOT dans la thyroïde.

Une seconde expérience a dès lors été programmée dans le double but de déterminer chez des animaux nourris avec un tourteau de colza commercial, d'une part, le seuil « zéro effets – troubles » (c'est-à-dire la proportion de tourteau qui peut être incorporée dans les concentrés sans altérer les performances ni la santé de l'animal) et, d'autre part, l'effet du pourcentage de tourteau de colza dans les aliments sur le fonctionnement de la thyroïde et l'accumulation de dérivés des glucosinolates dans l'organisme des animaux.

### **1. Animaux, plan expérimental et analyses**

L'expérience est réalisée avec des agneaux issus de brebis F1 de différentes souches (Texel/Ile-de-France, Texel/Laitier, Suffolk/Ile-de-France), toutes saillies avec des béliers Texel culards, ce qui a permis d'obtenir une bonne homogénéité des lots. Les agneaux naissent entre le 30 janvier et le 26 février 1997 en bergerie et y restent jusqu'à l'abattage. Les mères sont nourries selon leurs besoins avec de l'ensilage d'herbe préfanée et des concentrés énergétiques pour brebis. Les agneaux ont libre accès à un aliment composé pour agneaux dès l'âge de quelques jours. Ils sont sevrés le 2 avril et continuent à recevoir l'aliment composé à volonté ainsi que du foin. Les concentrés, tant des brebis que des agneaux, sont dépourvus de tourteaux de colza.

Le 18 avril, 80 agneaux sont choisis et répartis en huit lots homogènes (sur base de la souche maternelle et du poids vif, 18 à 20 kg en moyenne) qui, à partir de ce moment, reçoivent à volonté les huit aliments expérimentaux. Ils ont aussi libre accès à du foin et de l'eau.

A partir du 18 avril, les procédures expérimentales suivantes sont appliquées :

- pesée toutes les deux semaines et au moment du départ à l'abattoir;
- enregistrement systématique des quantités d'aliments distribuées et, toutes les deux semaines, pesée des non-consommés;
- prises de sang toutes les deux semaines ; les échantillons sont immédiatement centrifugés et les plasmas sont stockés au congélateur jusqu'aux analyses;
- abattages lorsque l'état d'engraissement est jugé satisfaisant;
- relevé des performances d'abattage : âge, poids vif, poids des carcasses, classement des carcasses pour la conformation et l'état d'engraissement;
- prélèvements d'organes ou d'échantillons d'organe (thyroïde, foie, rein, poumon, muscle);
- pesée et étude histologique des thyroïdes;
- dosages sanguins des hormones thyroïdiennes, du cortisol et de l'insuline;
- recherche des glucosinolates et de leurs dérivés dans les tourteaux, les concentrés, le plasma et divers organes.

Les analyses sont réalisées selon les techniques résumées précédemment.

## **2. Aliments**

Le tourteau de colza industriel est un « schroot » (tourteau à 35% de protéines et 2% de matières grasses) issu de graines de colza 00. Il est choisi pour se placer dans les conditions habituelles de fabrication des aliments composés pour le bétail.

**Tableau 4.1. Composition des concentrés pour agneaux (%).**

	Témoin	Colza 5%	Colza 10%	Colza 15%	Colza 20%	Colza 25%	Colza 30%	Colza 40%
T. colza déhuilé (2% MG)	-	5	10	15	20	25	30	40
Manioc Thaïlande	-	-	-	9	10	10	20	40
Radovet (40% MG)	-	-	-	-	-	-	-	6,3
Froment	-	15	15	15	15	15	-	5
Mélasses	5	8	8	8	8	8	8,1	4,8
Craie	1	2	2	1,9	1,5	1,3	1,3	1,3
Minéraux et vitaminés 1%	1	1	1	1	1	1	1	1
Chlorure d'ammonium	1	1	1	1	1	1	1	1
Sel	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Maïs	7	-	-	-	6	19	23	-
T. cocotier	16	7	7	10	15	15	15	-
Maïs glutenfeed	6	20	20	20	10,9	5,1	-	-
Orge	15	18	22	11	11	-	-	-
Rebulet	-	10,4	10	7,5	-	-	-	-
Radicelles d'orge	12,5	12	3,4	-	-	-	-	-
Pulpes de betteraves	15	-	-	-	-	-	-	-
Tournesol 28%	6	-	-	-	-	-	-	-
Luzerne	9	-	-	-	-	-	-	-
T. lin	5	-	-	-	-	-	-	-

T = tourteau

Le tableau 4.1 donne la composition de base (matières premières) des huit aliments. Ils contiennent respectivement 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 40% de tourteau de colza. La limite des 40% n'a pu être dépassée pour éviter des problèmes sanitaires comme l'entérotoxémie. Tous ces aliments sont conçus pour être isoénergétiques, isoprotéique et isolipidiques.

Le tableau 4.2 montre que, à l'exception des aliments à 10%, 25% et 40% de tourteaux qui se caractérisent par une concentration en matières azotées totales un peu plus élevée et par une valeur énergétique moindre, due notamment à une faible concentration en matières grasses, tous les concentrés ont une composition très similaire caractérisée par une bonne valeur énergétique.



**Tableau 4.2. Analyse chimique des aliments pour agneaux (sur matière sèche).**

<b>Tourteau de colza:</b>	<b>Témoin</b>	<b>Colza 5%</b>	<b>Colza 10%</b>	<b>Colza 15%</b>	<b>Colza 20%</b>	<b>Colza 25%</b>	<b>Colza 30%</b>	<b>Colza 40%</b>
Cendres (%)	8,49	8,69	9,11	9,17	8,94	9,34	10,10	10,39
Matières azotées (%)	19,9	19,8	21,5	20,0	20,5	22,6	20,7	21,0
Matières grasses (%)	3,72	2,43	0,66	2,46	2,74	0,87	2,81	2,32
Cellulose (%)	11,93	8,05	8,20	8,12	8,61	93,6	9,85	9,30
VEVI	1120	1122	1032	1120	1121	1039	1074	1035
PDB (g/kg)	158	157	174	159	164	184	166	168
Digest. mat. org. (%)	89,1	90,8	89,3	91,1	90,7	89,8	89,2	88,0
Glucosinolates ( $\mu\text{mol/g MS}$ )	0,0	0,70	1,73	2,66	3,76	4,91	6,31	8,37
Ions $\text{SCN}^-$ ( $\mu\text{mol/g MS}$ )	0,64	0,67	0,77	0,55	1,06	0,94	1,54	1,65

**Tableau 4.3. Profil en glucosinolates du tourteau industriel.**

	<b><math>\mu\text{mol/g MS}</math></b>	<b>%</b>
Glucosinolates totaux	21,13	100
Glucoibérine	0,00	0,00
Progoitrine	9,40	44,47
Epiprogoitrine	0,60	2,82
Napoléférine	0,45	2,14
Glucoalyssine	0,00	0,00
Sinalbine	0,00	0,00
Gluconapine	9,03	42,76
4-OH Glucobrassicine	0,19	0,90
Glucobrassicinapine	1,21	5,72
Glucobrassicine	0,00	0,00
Gluconasturtiine	0,25	1,16
4-Méthoxyglucobrassicine	0,01	0,03
Néoglucobrassicine	0,00	0,00

Le tableau 4.3 donne la concentration et le profil en glucosinolates du tourteau de colza industriel. La concentration en glucosinolates totaux est de 21,13  $\mu\text{mol/g MS}$  et les glucosinolates sont à plus de 85% constitués, à parts presque égales, de progoitrine et de gluconapine.

Exprimé sur base du tourteau délipidé, la concentration d'environ 22  $\mu\text{mol/g}$  de glucosinolates/g MS constitue une valeur supérieure à celles des variétés *Samourai* et *Apex* utilisées précédemment, mais inférieure à celles des variétés *Honk* et *Synergy*. Le tourteau semble issu de colza 00 ou de Canola.

Dans les concentrés, la concentration en glucosinolates totaux (tableau 4.2) passe de 0 (pas de colza) à 8,37  $\mu\text{mol/g}$  MS (40% de tourteau), valeur trois fois supérieure aux normes préconisées par Bjerg *et al.* (1987) pour le rat (2,5  $\mu\text{mol/g}$  d'aliments au maximum), mais représentant une ration à faible teneur en glucosinolates pour les ruminants (< 10  $\mu\text{mol/g}$  MS de concentré, Mawson *et al.*, 1994).

Par rapport aux variétés étudiées lors des trois expériences précédentes, la répartition des glucosinolates montre aussi une différence essentielle. Si en effet la progoitrine reste le glucosinolate le plus abondant, c'est la gluconapine qui occupe le deuxième rang alors que celui-ci était occupé par la glucobrassicine dans les variétés précédemment étudiées.

Le tourteau de colza et les concentrés (tableau 4.2), y compris les aliments témoins, contiennent déjà des quantités non négligeables d'ions  $\text{SCN}^-$ . La concentration dans les aliments n'est pas parfaitement proportionnelle au pourcentage de tourteau de colza. La raison en est que cet ion peut également être apporté par diverses matières premières, comme le tourteau de lin ou le manioc.

### **3. Résultats**

Deux animaux sont morts tout au début de l'expérience, ce qui peut certainement être mis en relation avec les perturbations subies lors du démarrage de l'expérience. Ils appartenaient au groupe témoin (sans colza) et au groupe nourri avec 20% de colza. Tous les autres animaux ont montré une croissance correcte qui a permis de limiter la période de finition à moins de trois mois pour les plus lents et aucun problème particulier n'est apparu pour la santé des animaux. On peut donc conclure que même avec des pourcentages de 30 ou 40% de tourteau de colza dans les concentrés, aucun trouble n'est observé.

### **3.1. Poids vifs et gains en poids**

Le tableau 4.4 apporte diverses précisions sur l'évolution pondérale des animaux entre le 18/04 (début de l'expérience), le 26/05 (dernière pesée pendant laquelle tous les animaux sont encore présents) et l'abattage, de même que sur la durée d'engraissement et les gains quotidiens moyens.

**Tableau 4.4. Evolution pondérale et gains en poids des agneaux.**

Group e	% de colza	Poids vif (kg)			Durée d'engraissement (jours)	Gains quotidiens moyens (g/jour)	
		18/04	26/05	Abattage		18/04 - 26/05	18/04 - abattage
1	0	19,4 ± 2,2	29,0 ± 2,8	34,5 ± 2,3	58 ± 19	252 ± 50 <sup>a</sup>	264 ± 45 <sup>a</sup>
2	5	19,1 ± 2,9	28,1 ± 3,9	35,8 ± 2,5	69 ± 19	234 ± 82 <sup>b</sup>	250 ± 51 <sup>a</sup>
3	10	20,0 ± 3,0	28,0 ± 5,1	34,6 ± 3,7	65 ± 22	213 ± 67 <sup>b</sup>	239 ± 76 <sup>b</sup>
4	15	19,2 ± 3,1	27,9 ± 4,2	36,4 ± 2,2	72 ± 20	229 ± 86 <sup>b</sup>	248 ± 51 <sup>a</sup>
5	20	18,1 ± 3,2	26,7 ± 2,8	35,9 ± 3,4	67 ± 30	228 ± 74 <sup>b</sup>	247 ± 39 <sup>a</sup>
6	25	19,0 ± 2,7	28,3 ± 3,7	36,0 ± 3,3	68 ± 18	247 ± 54 <sup>a</sup>	260 ± 49 <sup>a</sup>
7	30	19,6 ± 2,7	29,2 ± 3,4	36,4 ± 3,2	68 ± 18	252 ± 61 <sup>a</sup>	252 ± 55 <sup>a</sup>
8	40	19,9 ± 3,4	28,5 ± 3,9	35,3 ± 3,4	69 ± 19	225 ± 43 <sup>b</sup>	227 ± 44 <sup>b</sup>

a – b : moyennes significativement différentes (P < 0,05).

Pendant toute la période d'engraissement, ce sont les groupes 1 (Témoin), 6 et 7 (25% et 30% de tourteau de colza) qui sont les plus performants sur le plan de la croissance et les lots 3 et 8 (10% et 40% de tourteau de colza) les moins rapides. Une relation évidente existe avec la valeur énergétique des concentrés, sauf pour le lot 6.

La durée d'engraissement du lot témoin est plus courte que celle des autres lots, mais le poids vif à l'abattage y est aussi le plus faible, ce qui semble indiquer une tendance plus rapide au dépôt de graisses.

Ces résultats font davantage penser à un effet de la répartition différentielle des matières premières des concentrés plutôt qu'à un effet négatif des glucosinolates du tourteau de colza sur la vitesse de croissance des animaux. Statistiquement, il n'existe pas de relation linéaire entre le taux de tourteau de colza dans la ration et les performances de croissance.

### **3.2. Ingestions et efficacités alimentaires**

Dans le tableau 4.5 sont reprises les valeurs moyennes obtenues pour les consommations d'aliments et les indices de conversion alimentaire.

**Tableau 4.5. Ingestions volontaires de concentrés et indices de conversion alimentaire des agneaux.**

Groupe	% T. de colza	Consommation journalière de concentrés (g/animal/jour)		Consommation totale (kg/animal)	Conversion alimentaire (kg/kg)	
		18/04 - 26/05	18/04 - abattage		18/04 - 26/05	18/04 - abattage
1	0	1013 <sup>a</sup>	1181	68,9	4,02 <sup>a</sup>	4,57
2	5	789 <sup>b</sup>	996	68,7	3,37 <sup>b</sup>	4,13
3	10	918 <sup>a</sup>	1100	71,8	4,32 <sup>a</sup>	4,90
4	15	905 <sup>a</sup>	1184	71,7	3,94 <sup>a</sup>	4,94
5	20	725 <sup>b</sup>	929	73,9	3,18 <sup>b</sup>	3,85
6	25	882 <sup>b</sup>	1044	67,7	3,58 <sup>b</sup>	4,16
7	30	908 <sup>a</sup>	1095	67,7	3,61 <sup>b</sup>	4,41
8	40	911 <sup>a</sup>	1063	68,9	4,05 <sup>a</sup>	4,76

a – b : moyennes significativement différentes ( $P < 0,05$ ).

Dans tous les groupes avec tourteau de colza, le début de la distribution des concentrés est marqué par une consommation inférieure de concentrés, la différence étant même significative pour les lots 2, 5 et 6 (5, 20 et 25% de tourteau de colza) pendant la période allant du 18/06 au 26/05. Avec l'avance de l'engraissement, la consommation quotidienne augmente dans tous les groupes, surtout dans ceux nourris aux tourteaux de colza de sorte que, pour l'ensemble de la période d'engraissement, aucune différence significative n'est observée.

La consommation totale de concentrés est similaire pour tous les groupes, alors que l'indice de consommation est, pendant la première période, significativement supérieur pour les groupes 1, 3, 4 et 8. Cet indice est dans tous les groupes plus élevé pour l'ensemble de la période d'engraissement que pour la période initiale, ce qui confirme l'évolution bien connue (augmentation progressive).

Comme pour les gains en poids, aucune corrélation n'est observée entre les paramètres d'ingestion et le pourcentage de tourteau de colza dans les aliments.

### **3.3. Performances d'abattage**

Le tableau 4.6 donne les performances d'abattage des huit groupes d'agneaux.

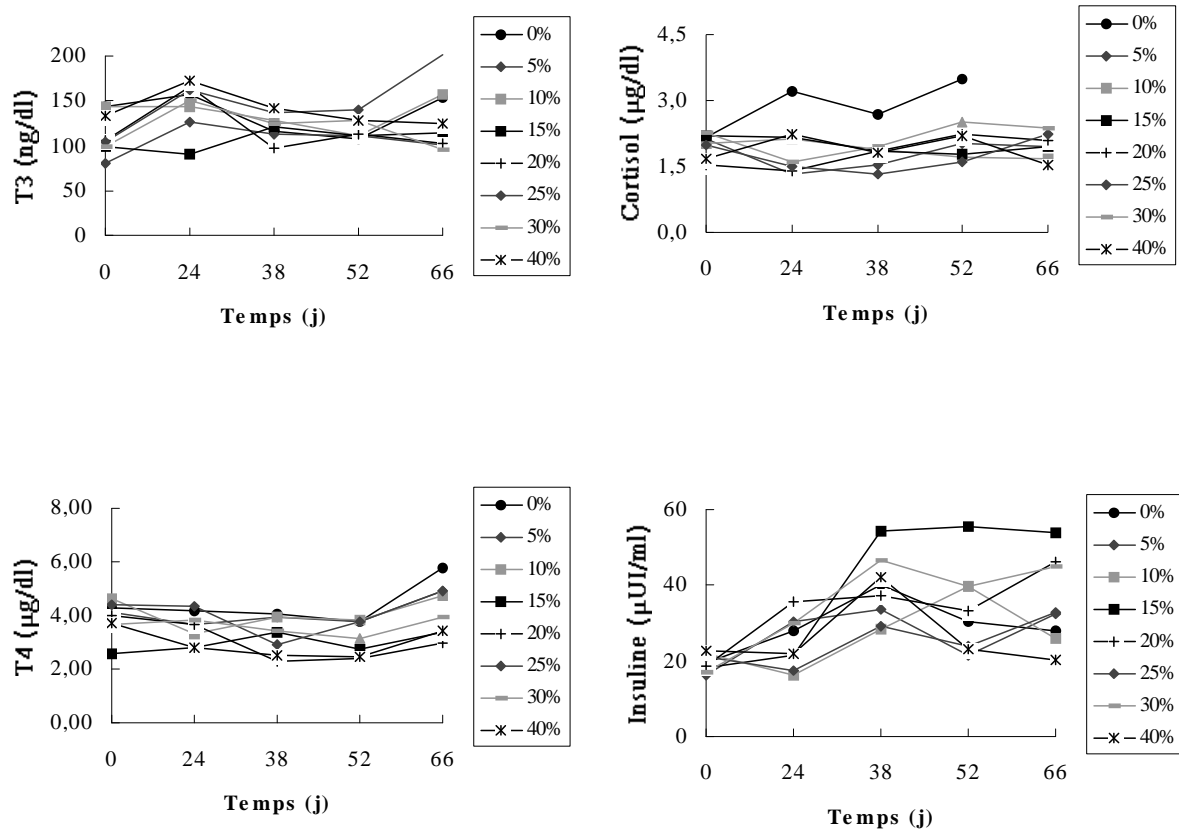
**Tableau 4.6 : Performances moyennes d'abattage des agneaux.**

<b>Groupe</b>	<b>% T. de colza</b>	<b>Age à l'abattage (jours)</b>	<b>Poids vifs à l'abattage (kg)</b>	<b>Poids de la carcasse (kg)</b>	<b>Rendement (%)</b>	<b>Classement SEUROP</b>
1	0	121 ± 10	34,5 ± 2,3	17,0 ± 0,8	49 ± 0,02	2,1
2	5	135 ± 19	35,8 ± 2,5	17,4 ± 1,8	49 ± 0,03	2,1
3	10	130 ± 16	34,6 ± 3,7	16,7 ± 1,4	49 ± 0,03	2,1
4	15	138 ± 18	36,4 ± 2,2	17,7 ± 1,2	49 ± 0,02	2,4
5	20	140 ± 18	35,9 ± 3,4	17,5 ± 2,0	49 ± 0,02	2,1
6	25	132 ± 13	36,0 ± 3,3	17,5 ± 1,3	49 ± 0,03	2,0
7	30	132 ± 21	36,4 ± 3,2	18,0 ± 1,4	49 ± 0,03	2,0
8	40	134 ± 18	35,3 ± 3,4	16,9 ± 1,3	49 ± 0,03	2,4

Comme déjà dit antérieurement, le groupe témoin est abattu plus précocement, mais montre un poids vif moindre à l'abattage que les groupes avec colza; néanmoins, les moyennes ne diffèrent pas significativement. En ce qui concerne les poids des carcasses, le groupe témoin se situe à un niveau un peu supérieur par rapport aux groupes 3 et 8 (10 et 40% de tourteau de colza) qui sont par ailleurs les plus lents à l'engraissement. Les autres groupes recevant du tourteau de colza donnent des poids de carcasse de 0,4 à 1,0 kg supérieurs au lot témoin. Les rendements de carcasse sont remarquablement stables. Les carcasses sont généralement de très bonne qualité moyenne sans effet résultant de l'incorporation de tourteau de colza dans la ration.

### **3.4. Paramètres sanguins**

Sur base des résultats obtenus lors de la première expérience sur agneaux, seuls quatre substances ont été dosées dans les plasma, à savoir les deux hormones thyroïdiennes, le cortisol et l'insuline. Les évolutions moyennes de ces paramètres sont données dans la figure 4.1.



**Figure 4.1. Evolutions moyennes des concentrations plasmatiques en hormones thyroïdiennes, cortisol et insuline chez les agneaux (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**

Pour les hormones thyroïdiennes, aucune évolution précise ne se dégage avec le temps (ce qui peut en partie s'expliquer par la courte durée de l'engraissement). De plus, il n'est pas non plus possible de conclure à un effet du tourteau de colza, même pour les taux d'incorporation les plus élevés. Ces résultats diffèrent donc de ceux obtenus pendant la première expérience.

En ce qui concerne le cortisol, les concentrations sont significativement plus élevées chez le groupe témoin que chez les animaux ingérant du colza. Cependant, il n'existe pas de relation entre la concentration en cortisol et le taux d'incorporation de tourteau de colza.

L'insulinémie montre une tendance à l'augmentation avec l'âge et il n'y a pas de différence significative entre les groupes, sauf pour le groupe 5 qui montre une nette augmentation en fin d'engraissement.

### **3.5. Poids et structure des thyroïdes**

Les données relatives au poids et à la structure des thyroïdes sont regroupées dans le tableau 4.7.

**Tableau 4.7. Poids et structure des thyroïdes des agneaux.**

	Témoin	Colza 5%	Colza 10%	Colza 15%	Colza 20%	Colza 25%	Colza 30%	Colza 40%
Poids des thyroïdes	3,05±0,73 <sup>a</sup>	2,64±0,65 <sup>a</sup>	2,85±0,78 <sup>a</sup>	2,96±0,44 <sup>a</sup>	4,46±1,15 <sup>b</sup>	4,07±1,18 <sup>b</sup>	3,87±1,32 <sup>b</sup>	4,44±1,49 <sup>b</sup>
Rapport thyroïdien	89,7±20 <sup>a</sup>	79,8±24 <sup>a</sup>	85,9±29 <sup>a</sup>	88,2±16 <sup>a</sup>	126,3±29 <sup>b</sup>	112,5±25 <sup>b</sup>	107,9±35	124,4±43 <sup>b</sup>
Surface des follicules thyroïdiens (p)	17,12±4,0	17,53±4,6	17,94±5,1	16,4±3,2 <sup>a</sup>	22,09±2,2 <sup>b</sup>	18,96±3,0	20,97±7,3	21,08±5,1
Proportions des follicules thyroïdiens (%)								
-petits follicules (25 p)	27±11	36±14	24±14	36±24	31±12	27±12	36±13	42±16
-moyens follicules (50 p)	46±10	51±9	48±12	51±17	47±8	45±9	48±9	42±15
-gros follicules (≥ 75 p)	27±19 <sup>b</sup>	13±9 <sup>a</sup>	28±22 <sup>b</sup>	13±13 <sup>a</sup>	22±10 <sup>b</sup>	28±16 <sup>b</sup>	16±16	16±13

a – b : moyennes significativement différentes ( $P < 0,05$ ) ; p = pixel

En ce qui concerne les poids et les rapports de la masse de la thyroïde par rapport à la masse corporelle, les huit lots peuvent être classés en deux groupes; les quatre premiers (Témoin, de 5 à 15% de tourteau de colza) montrent des valeurs similaires, alors que les quatre derniers (de 20 à 40%) présentent des valeurs significativement plus élevées (environ 40%) et également semblables entre eux. La relation observée entre le taux d'incorporation de tourteau de colza dans les aliments composés et le rapport thyroïdien n'est pas linéaire.

Une tendance à l'augmentation de la surface des follicules thyroïdiens avec le pourcentage de tourteau est observée, alors que les proportions des différents types de follicules fluctuent indépendamment des proportions de colza.

### **3.6. Dérivés des glucosinolates**

La figure 4.2 représente l'évolution des concentrations en ions  $SCN^-$  dans le plasma des huit groupes d'agneaux.

Comme lors de l'expérience sur les taurillons, la concentration plasmatique en ions  $SCN^-$  est faible et stable chez les animaux du lot témoin. Pour tous les autres lots, la teneur en ions  $SCN^-$  augmente dès le début de la distribution du tourteau, après quoi

elle reste stable pendant toute la durée de l'expérimentation. L'augmentation est proportionnelle à la teneur en ions  $\text{SCN}^-$  dans les aliments selon une corrélation très étroite (figure 4.3).

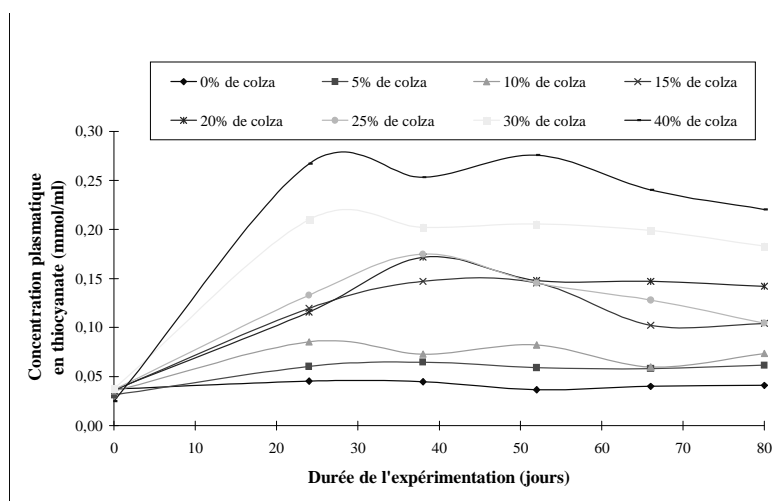


Figure 4.2. Evolution au cours du temps de la teneur en ions  $\text{SCN}^-$  du plasma des agneaux.

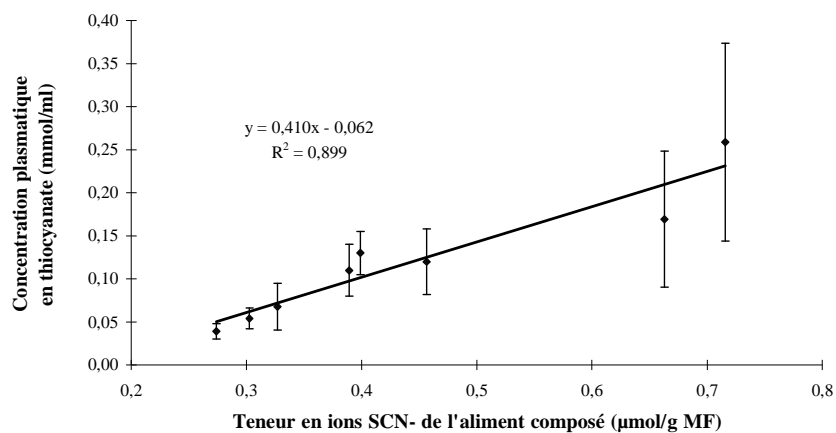
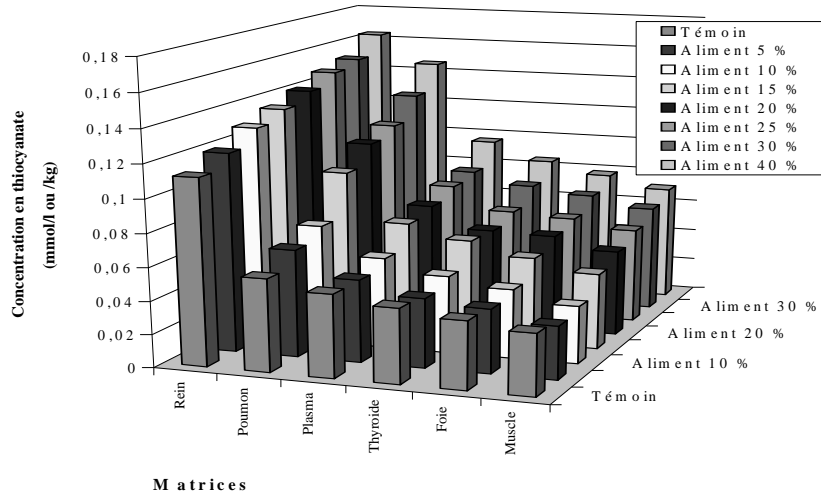


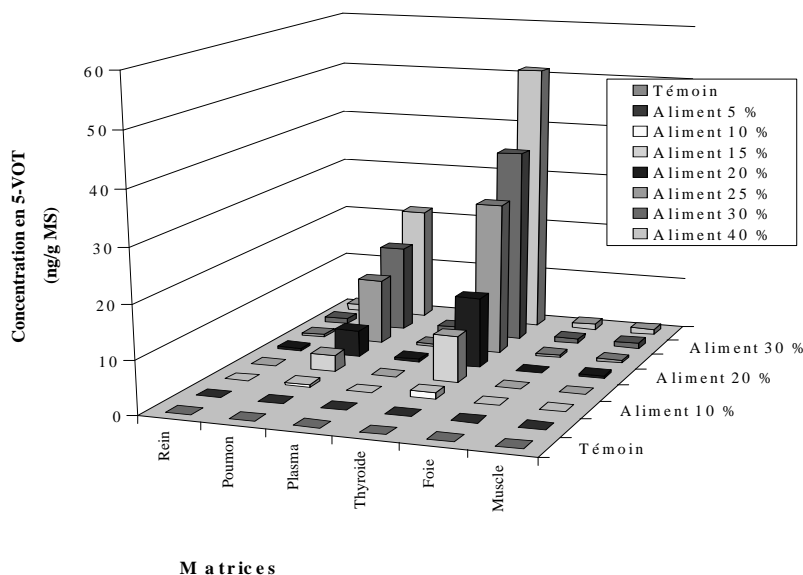
Figure 4.3. Teneur plasmatique en thiocyanate en fonction de la teneur en ions  $\text{SCN}^-$  de l'aliment composé ingéré par les agneaux (après 24 jours d'expérimentation).





**Figure 4.4. Teneur en ions  $\text{SCN}^-$  dans les matrices des agneaux.**

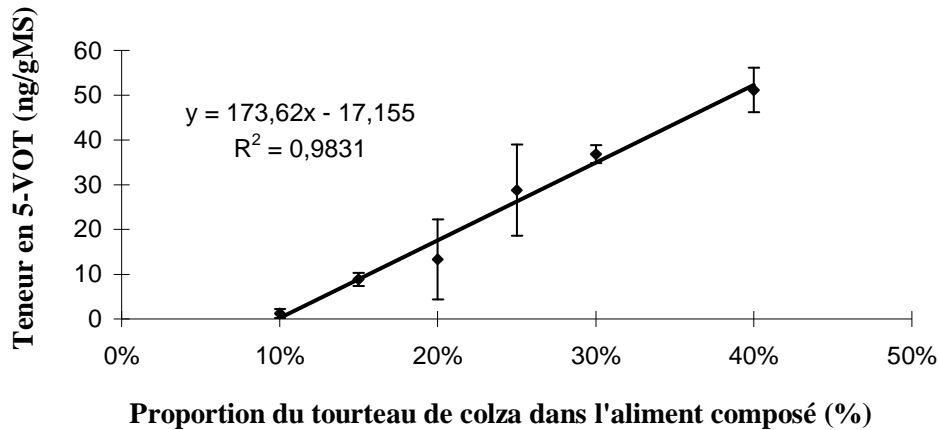
La figure 4.4 représente les concentrations d'ions  $\text{SCN}^-$  mesurées dans divers organes des agneaux après abattage. Par ordre décroissant, le classement des organes est : reins, poumons, thyroïdes, foie et muscles. Dans chaque organe, la concentration augmente avec le pourcentage de tourteau de colza inclus dans les concentrés.



**Figure 4.5. Comparaison des teneurs en 5-VOT dans les différentes matrices biologiques des agneaux.**

La figure 4.5 représente les concentrations en 5-VOT observées dans les différents organes et le plasma des agneaux. Ces teneurs sont très faibles dans les reins, le plasma, le foie et les muscles et elles n'augmentent que très faiblement avec le

pourcentage de tourteau de colza. Par contre, une nette accumulation se produit dans les poumons et surtout dans la thyroïde et cette teneur augmente de manière linéaire avec la proportion de tourteau dans les aliments (figure 4.6 pour la thyroïde).



**Figure 4.6. Teneur en 5-VOT dans la thyroïde en fonction de la proportion de tourteau de colza dans l'aliment ingéré par les agneaux.**

## **4. Conclusions**

La distribution à des groupes d'agneaux de concentrés contenant des proportions croissantes (de 0 à 40%) d'un tourteau de colza industriel délipidé (21,13  $\mu\text{mol/g}$  MS de glucosinolates) issu d'un colza 00 permet de tirer les conclusions suivantes:

- Chez de très jeunes agneaux nourris essentiellement avec des aliments composés, une proportion croissante de tourteau de colza dans ces concentrés énergétiques ne perturbe pas les performances zootechniques des animaux, du moins jusque 30% et vraisemblablement jusque 40%. Seule une nécessaire adaptation à l'ingestion des concentrés contenant du colza peut être signalée. Les variations observées entre les groupes pour les gains en poids, les ingestions de concentrés, la conversion alimentaire et les performances d'abattage sont davantage à mettre en relation avec la nature des matières premières constituant les aliments qu'avec le pourcentage de tourteau de colza et avec la valeur énergétique des concentrés. En effet, globalement les performances pour les lots 25% et 30% de tourteau de colza sont pratiquement égales au lot témoin, alors qu'elles sont légèrement moindres avec les lots à 5%, 10% et 40%.
- Contrairement à ce qui a été observé lors de la première expérience sur agneaux, l'incorporation du tourteau de colza, même en proportion élevée, ne diminue pas

les concentrations plasmatiques en hormones  $T_3$  et  $T_4$ . Elle n'a pas non plus d'effet sur les concentrations plasmatiques d'insuline alors que pour le cortisol, les concentrations sont, sans explication plausible et contrairement à ce qui avait été observé lors de la première expérience, plus élevées dans le groupe témoin.

- Une augmentation modérée (environ 40%) du poids des thyroïdes est observée à partir de 20% de tourteau de colza dans le concentré bien que des pourcentages de colza plus élevés ne provoquent plus d'augmentation supplémentaire de ce poids. Cette modification s'accompagne d'une tendance à l'accroissement de la surface des follicules thyroïdiens.
- Même avec l'aliment témoin, une concentration faible et stable d'ions  $SCN^-$  est observée dans le plasma des animaux. L'apport du tourteau de colza provoque une augmentation rapide de cette concentration ; cette augmentation est proportionnelle au pourcentage de tourteau incorporé dans les concentrés. Les ions  $SCN^-$  s'accumulent aussi dans différents organes ; par ordre décroissant, il faut citer les reins, les poumons, les thyroïdes, le foie et les muscles. La 5-VOT s'accumule surtout dans les thyroïdes, puis par ordre décroissant dans les poumons, le plasma, les reins, le foie et les muscles, ceci proportionnellement aux quantités de tourteau de colza ingérées.

## **CHAPITRE V. SEUIL « ZERO EFFETS – TROUBLES » DU TOURTEAU DE COLZA CHEZ LE TAURILLON**

Comme pour les agneaux, une deuxième expérience a été réalisée avec des taurillons de race "Blanc-Bleu Belge" à l'engraissement. Elle a pour objectif, d'une part, de déterminer le seuil « zéro effets – troubles » chez des animaux nourris essentiellement avec des concentrés contenant un tourteau de colza commercial et, d'autre part, de rechercher les effets de proportions croissantes de tourteaux de colza dans les aliments sur l'accumulation de dérivés des glucosinolates dans l'organisme des animaux.

### **1. Animaux, plan expérimental et analyses**

L'expérience est réalisée avec quatre lots de sept taurillons logés dans un bâtiment où sont aménagés quatre loges de 40 m<sup>2</sup>. Les groupes de taureaux y sont alternés selon les pourcentages de tourteaux de colza dans les aliments afin de minimiser les éventuels effets des conditions d'hébergement.

Ces taurillons de race "Blanc-Bleu Belge" pure ou croisée, sont choisis le 20/10/97 dans deux élevages de la Province de Luxembourg. Ils pèsent à ce moment entre 267 et 330 kg (poids vif). Ils sont amenés à Faulx-les-Tombes le 21/10 et subissent une période de préparation commune sur le plan alimentaire. Au cours des deux premiers jours (21 et 22/10/97), ils reçoivent 5 kg des aliments préalablement distribués par l'éleveur. Du 23/10 au 30/10, une transition progressive vers l'aliment témoin est réalisée. A partir du 30/10, cet aliment est distribué à volonté à tous les animaux. A partir du 10/11, les quatre lots sont nourris à volonté avec les aliments composés expérimentaux. Dans les trois lots qui reçoivent du tourteau de colza dans leur ration alimentaire, deux animaux retournent une semaine avant la date d'abattage à l'aliment témoin.

De la paille de bonne qualité est toujours disponible, de même que de l'eau de boisson.

L'expérience se déroule de la manière suivante :

- divers traitements devant favoriser le déroulement harmonieux de l'expérience (tonte, traitements antiparasitaires, vaccination contre la grippe) sont réalisés pendant la période préparatoire;

- les taureaux sont pesés (avec l'aide du Centre d'Economie Rurale de Marloie) le 20/10/97 (achat), les 10 et 12/11/97 (début effectif de l'expérience) puis toutes les quatre semaines jusqu'à l'abattage;
- les quantités d'aliments distribués sont systématiquement ; les non-consommés sont enregistrés lors de chaque pesée des animaux ainsi que lors des départs vers l'abattoir;
- des prises de sang sont réalisées les 10, 12, 14 et 17/11/97 (afin de suivre la cinétique d'apparition des substances antinutritionnelles dans le sang) et lors des pesées ultérieures (toutes les quatre semaines et avant le transport à l'abattoir) ; de plus, chez les deux derniers taureaux recevant du tourteau de colza, des prises de sang supplémentaires sont faites sept, cinq et trois jours avant l'abattage et le jour de celui-ci pour suivre la cinétique de disparition des substances antinutritionnelles après l'arrêt des ingestions de tourteau de colza;
- les taureaux sont engraisés jusqu'à un poids final d'environ 650 kg ;
- à l'abattage, les carcasses sont pesées; un échantillon d'urine, de foie, de rein, de poumon, de muscle, de graisse périrénale et de thyroïde est prélevé; les thyroïdes sont pesées ;
- les analyses hormonales sont réalisées sur les échantillons de plasma (T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, testostérone, cortisol et insuline);
- les thyroïdes, les foies et les reins sont examinés sur le plan histologique et l'activité des cellules thyroïdiennes est déterminée *in vitro* ;
- les glucosinolates et leurs dérivés sont dosés dans le tourteau, les aliments composés, le plasma et divers organes.

Les analyses sont réalisées selon les méthodes résumées précédemment.

## **2. Aliments**

Le tourteau de colza utilisé lors de cette expérience est le même "schroot" industriel que celui de l'expérience précédente sur agneaux.

Le tableau 5.1 donne la composition en matières premières des quatre aliments. Ils contiennent respectivement 0, 10, 20 et 34% de tourteau de colza et ont été conçus afin d'être isoénergétiques, isoprotéiques et isolipidiques. La limite des 34% a été imposée pour respecter la concentration en matières azotées dans les concentrés énergétiques.

**Tableau 5.1. Composition des concentrés destinés aux taurillons (en %).**

	Témoin	Colza 10%	Colza 20%	Colza 34%
Tourteau de colza	0	10	20	34
Minéraux	3	3	3	3
Mélasses	4	4	4	4
Pulpes de betteraves	30	30	30	20
Maïs	16	16	16	16
Manioc	-	-	-	2
Graisses mélangées		-	1	1
Pulpe de citron			5	5
Graines de lin				3
Froment				10
Tourteau de Cocotier	12	12	10	
Glutenfeed maïs	11	9	3	
Radicelles d'orge	8	8	8	
Luzerne	6	4		
Graines de soja	4	4		
Soja T.44	6			

T = Tourteaux

Le tableau 5.2 donne la composition des aliments composés. Cette composition est effectivement fort semblable pour les quatre concentrés.

**Tableau 5.2. Analyse chimique des concentrés destinés aux taurillons (sur matière sèche).**

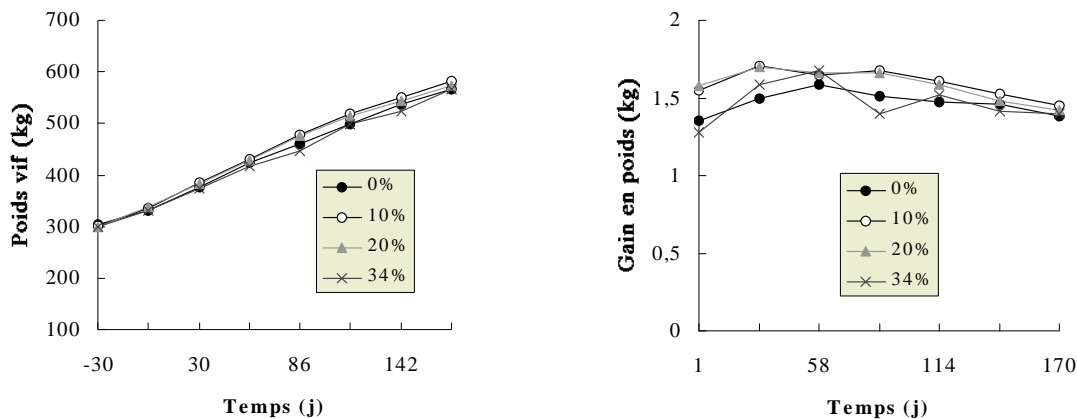
	Tourteau de colza	Témoin	Colza 10%	Colza 20%	Colza 34%
Cendres (%)	8,21	8,78	8,58	9,14	8,92
Matières azotées (%)	35,4	17,9	17,6	17,5	18,6
Matières grasses (%)	2,34	3,72	3,72	3,60	3,90
Cellulose (%)	14,0	13,6	13,9	13,4	11,9
VEVI	881	1174	1135	1141	1142
PDB (g/kg)	309	139	136	135	145
Digest. mat. org. (%)	80,2	91,9	89,8	90,6	90,1
Glucosinolates totaux ( $\mu\text{mol/g MS}$ )	21,17	0,00	1,67	3,73	6,36
Ions $\text{SCN}^-$ ( $\mu\text{mol/g}$ )	4,16	0,66	0,78	1,08	1,67

Les caractéristiques du tourteau de colza en ce qui concerne les substances antinutritionnelles ont été décrites dans le chapitre précédent. Elles sont données dans le tableau 5.2 pour les aliments. Rappelons aussi que les glucosinolates sont constitués de plus de 40% de progoitrine et plus de 40% de gluconapine.

### **3. Résultats**

Deux animaux des lots témoins et "colza 20%" ont souffert de boiterie pendant une période plus au moins longue et ont été écartés de l'expérimentation. En conséquence, un taureau de chacun des deux autres groupes a également été écarté pour l'interprétation des résultats. Le choix a été fait de manière à ce que dans chaque groupe, les dates d'abattage soient identiques.

#### **3.1. Poids vif, gains en poids et performances d'abattage**



**Figure 5.1. Evolution du poids vif et des gains en poids quotidiens des taurillons.**

La figure 5.1 représente l'évolution moyenne par groupe d'animaux du poids vif et des gains en poids quotidiens depuis le début de l'expérience jusqu'à la dernière pesée avec présence de tous les animaux. Les poids sont identiques au départ (de  $300 \pm 22$  à  $303 \pm 30$  kg selon les groupes) et montrent ensuite une tendance vers une variabilité individuelle prononcée au sein de chaque groupe (de  $566 \pm 51$  kg pour le groupe témoin à  $582 \pm 45$  kg pour le groupe 10%, le 29/4/98). Les gains en poids quotidiens montrent une tendance vers l'augmentation pendant quelques mois puis diminuent dans les quatre groupes. Ils varient entre  $1,28 \pm 0,34$  kg/jour (groupe 34%) et  $1,58 \pm 0,22$  kg/j (groupe 20%) le 11/11/97 et entre  $1,38 \pm 0,30$  kg/j (groupe témoin) et  $1,45 \pm 0,27$  kg/j (groupe 10%) le 29/4/98. Une diminution temporaire est observée

pour le lot 34% en février 1998. C'est la seule fois qu'une différence significative apparaît entre les groupes.

Les données relatives aux performances pendant toute la période d'engraissement sont reprises dans le tableau 5.3.

**Tableau 5.3. Poids vifs, gains quotidiens et performances d'abattage des taurillons.**

	<b>Témoïn</b>	<b>Colza 10%</b>	<b>Colza 20%</b>	<b>Colza 34%</b>
Poids vif initial (kg)	303 ± 20	302 ± 23	300 ± 14	300 ± 22
Poids vif final (kg)	613 ± 30	625 ± 26	616 ± 29	605 ± 34
Durée de l'engraissement (jours)	219 ± 6	215 ± 8	219 ± 7	219 ± 14
Gains quotidiens (kg/j)	1,42 ± 0,34	1,47 ± 0,32	1,44 ± 0,37	1,39 ± 0,28
Carcasse (kg)	415 ± 16	413 ± 8	416 ± 19	411 ± 23
Rendement (%)	67,5 ± 2,0	66,2 ± 2,0	67,5 ± 1,0	67,9 ± 2,2

Les performances globales de croissance sont équivalentes dans les quatre groupes, le léger taux de croissance du groupe 34% étant dû à la réduction temporaire et manifestement aléatoire observée dans quatre lots en février 1994.

Pour un même poids vif initial et une même durée d'engraissement, les poids de carcasse sont pratiquement égaux dans les quatre groupes et il en va de même pour le rendement d'abattage moyen qui se situe entre 66 et 68%.

### **3.2. Ingestions et efficacités alimentaires**

Le tableau 5.4 donne pour les 4 groupes d'animaux, mois après mois, les ingestions quotidiennes de concentrés énergétiques et les indices de conversion alimentaire.



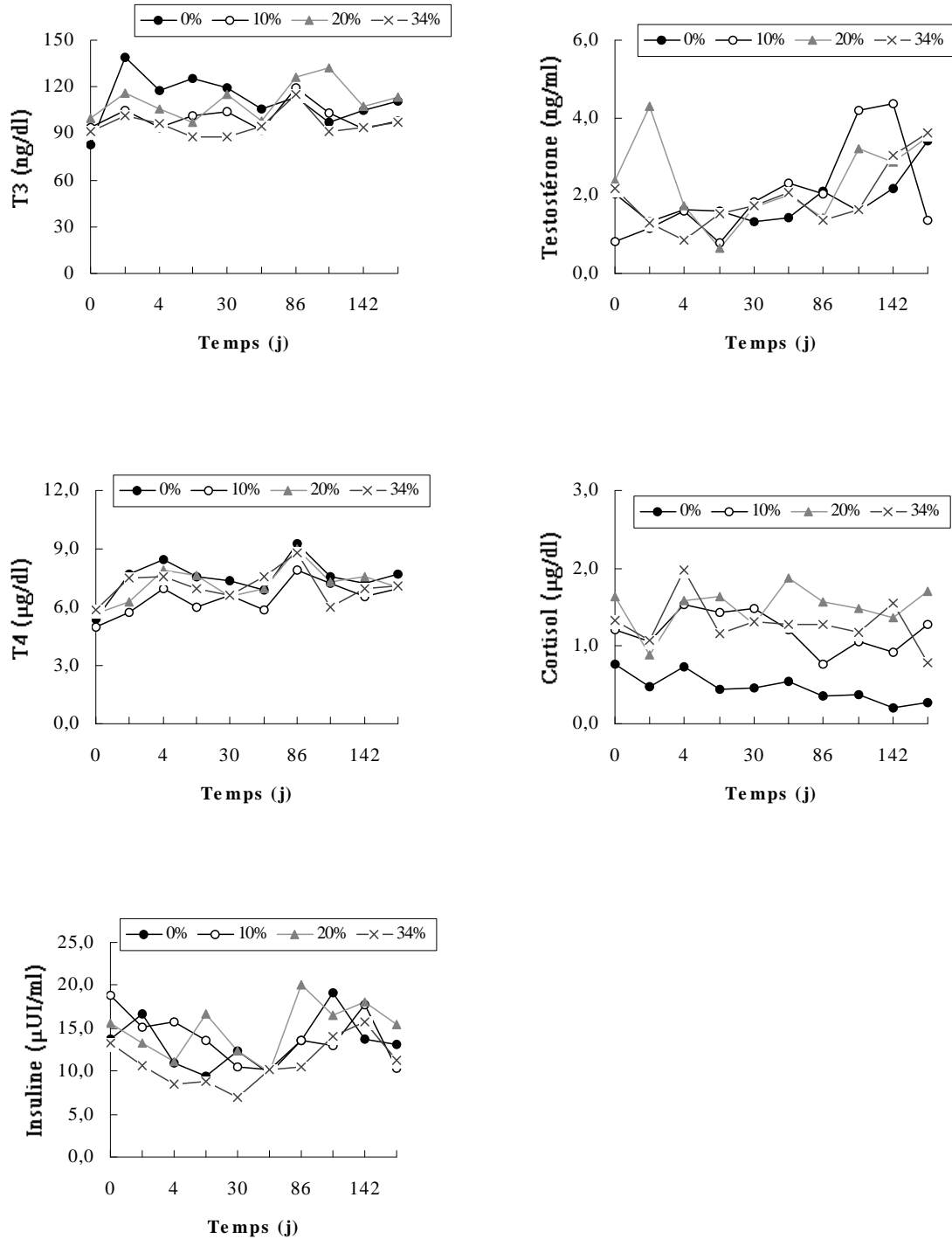
**Tableau 5.4. Ingestions de concentré et indices de conversion alimentaire des taurillons.**

	Dates	nov-97	déc-98	jan-98	fév-98	mar-98	avr-98
<b>Témoin</b>	Ingestion journalière (kg)	8,15	8,26	8,95	8,71	9,20	10,00
	Indice de conversion	6,04	5,51	5,63	5,77	6,26	7,04
<b>Colza 10%</b>	Ingestion journalière (kg)	8,23	8,34	8,82	8,71	9,22	9,69
	Indice de conversion	5,31	4,89	5,35	5,21	5,73	6,50
<b>Colza 20%</b>	Ingestion journalière (kg)	7,88	7,89	8,53	8,69	9,14	10,02
	Indice conversion	4,99	4,64	5,14	5,23	5,75	6,91
<b>Colza 34%</b>	Ingestion journalière (kg)	8,27	8,06	8,89	8,53	9,19	9,69
	Indice de conversion	6,46	5,07	5,29	6,09	6,05	6,92

Les ingestions sont de l'ordre de 8 kg de concentrés par animal et par jour au début de la période et augmentent progressivement jusqu'à 10 kg cinq mois plus tard. Les indices de conversion croissent aussi, de 4,99 à 6,46 en novembre et de 6,50 à 7,04 en avril.

### **3.3. Paramètres sanguins**

Les évolutions moyennes des concentrations plasmatiques des cinq hormones étudiées sont données dans la figure 5.2.



**Figure 5.2. Evolution des concentrations plasmatiques en hormones thyroïdiennes ( $T_3$  et  $T_4$ ), cortisol, insuline et testostérone chez les taurillons (J0 = début de l'incorporation du tourteau de colza).**

La concentration en hormone thyroïdienne  $T_3$  fluctue sensiblement en cours d'engraissement sans évolution précise. Elle est plus élevée chez le groupe témoin au cours des premiers mois, mais plus par la suite.

Les teneurs plasmatiques en hormone thyroïdienne T<sub>4</sub> montrent une tendance à l'augmentation pendant l'engraissement et sont similaires dans les quatre lots.

L'absence d'effet du tourteau de colza sur les concentrations des hormones thyroïdiennes observée lors de la première expérience sur taurillons se confirme.

De fortes fluctuations et une tendance à l'augmentation au cours de la période d'engraissement sont observées pour les concentrations en testostérone dans le plasma, mais sans différences statistiques entre les lots. L'effet réducteur du tourteau de colza observé lors de l'expérience précédente ne se confirme donc pas.

Pour le cortisol, une tendance à la diminution est observée en cours d'engraissement et les valeurs sont chaque fois, y compris au départ de l'expérience, significativement inférieures dans le groupe témoin, ce qui est en contradiction avec les observations des expériences précédentes sur taurillons (valeurs égales dans les deux groupes) et sur agneaux (dans l'expérience seuil "zéro effets - troubles", valeurs plus élevées dans le groupe témoin).

Pour l'insuline enfin, les valeurs sont fluctuantes et aucune tendance ne se dégage.

### **3.5. Poids, structure et activité des thyroïdes**

Le tableau 5.5 donne les valeurs pour le poids et la morphologie des thyroïdes.

**Tableau 5.5. Poids et morphologie des thyroïdes des taurillons.**

	<b>Témoin</b>	<b>Colza 10%</b>	<b>Colza 20%</b>	<b>Colza 34%</b>
Poids des thyroïdes (g)	9,62 ± 1,55	9,25 ± 2,06	11,21 ± 0,96	9,81 ± 2,12
Rapport thyroïdien	16,15 ± 1,31	14,47 ± 2,76	17,82 ± 1,21	16,93 ± 3,78
Surface des follicules (p <sup>2</sup> )	56 ± 4a	50 ± 10a	57 ± 18a	87 ± 22b
Petits follicules (%)	46 ± 14a	62 ± 9b	53 ± 15	40 ± 8a
Moyens follicules (%)	26 ± 4	19 ± 5	23 ± 6	24 ± 4
Gros follicules (%)	29 ± 12	19 ± 6a	24 ± 4	36 ± 9b

a-b : moyennes significativement différentes (P < 0,005) ; p = pixel

Pour le poids et le rapport thyroïdien, aucune différence significative n'apparaît entre les groupes. Par contre, il est à noter dans le groupe "colza 34%" que la surface des follicules et le pourcentage des gros follicules sont plus élevés.

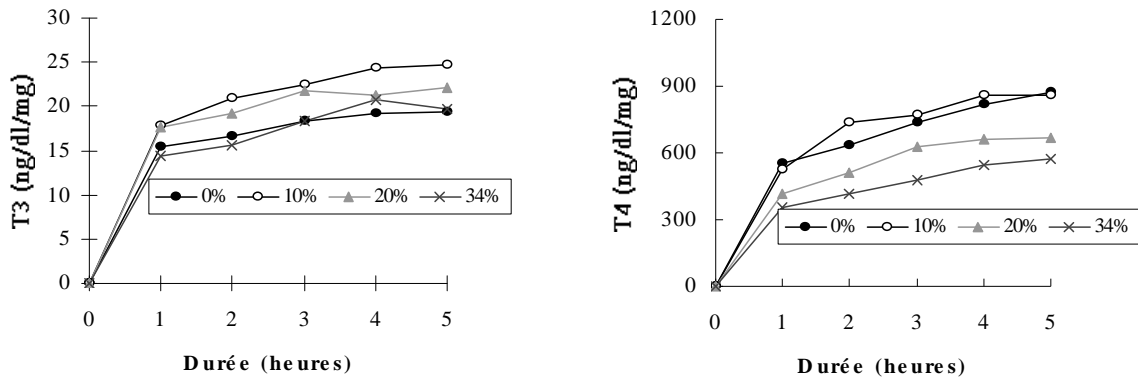


Figure 5.3a

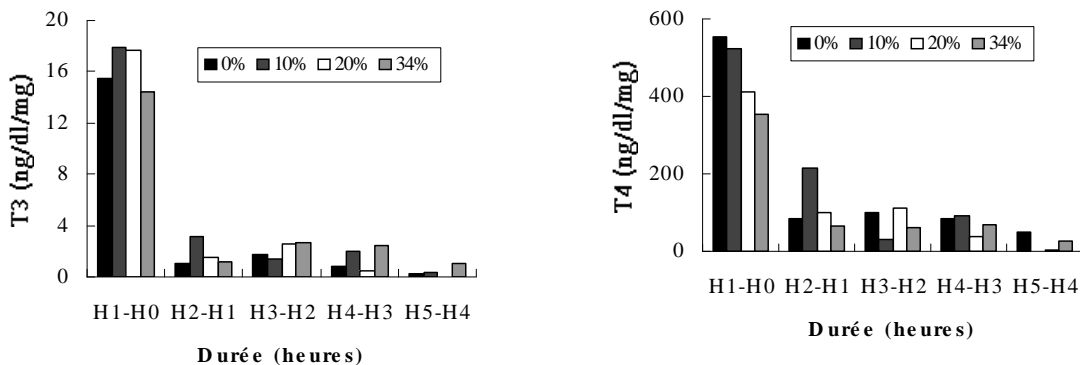


Figure 5.3b

Figure 5.3. Evolutions des concentrations en hormones thyroïdiennes dans le milieu de culture des tissus thyroïdiens des taurillons.

L'évolution de l'activité des thyroïdes mises en culture confirme les résultats antérieurs, à savoir qu'il se produit un relargage rapide des hormones thyroïdiennes présentes dans le tissu mis en culture (figure 5.3). Si les valeurs sont légèrement plus élevées pour les lots "colza 10%" et "colza 20%", elles sont par contre identiques pour les lots témoin et "colza 34%", ce qui confirme le peu d'effet du tourteau de colza sur l'activité thyroïdienne.

### 3.6. Dérivés de glucosinolates

Rappelons que pour pouvoir suivre la cinétique d'augmentation de la concentration des ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma et la demi-vie de ces ions dans l'organisme des taurillons, des prises de sang supplémentaires ont été réalisées (jours 2, 4 et 7 de distribution des concentrés expérimentaux de même que sept, cinq et trois jours avant l'abattage, les animaux étant alors nourris depuis sept jours avant l'abattage avec l'aliment témoin).

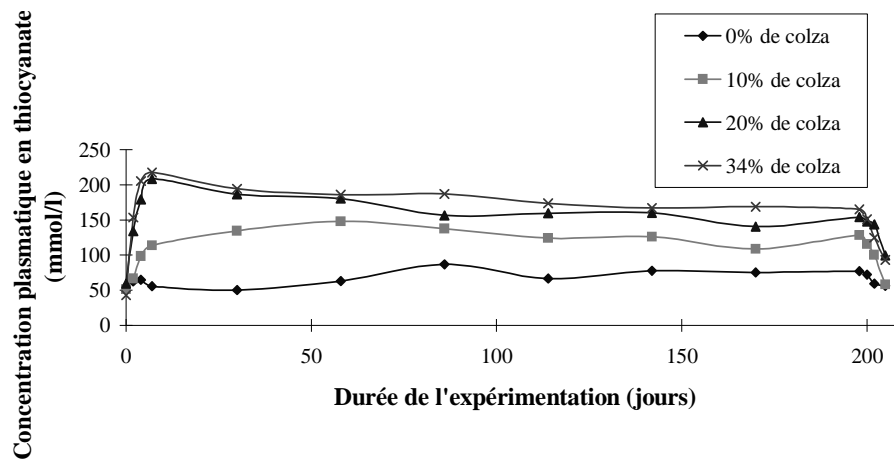


Figure 5.4. Evolution au cours du temps de la teneur en ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma des taurillons.

Les résultats obtenus pour les concentrations en ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma confirment ceux des expériences précédentes sur taurillons et agneaux (seuil "zéro effets - troubles"): valeur non négligeable chez le lot témoin et augmentation rapide dès le début de la consommation de tourteau de colza. La teneur plasmatique en ions  $\text{SCN}^-$  (figure 5.5) est proportionnelle au taux d'incorporation de tourteau de colza dans les aliments. Ces résultats permettent aussi de conclure que les valeurs les plus élevées sont déjà atteintes après une semaine et que l'arrêt de l'apport des aliments composés contenant du tourteau de colza permet une réduction rapide de la concentration plasmatique en ions  $\text{SCN}^-$ . Une semaine après le changement d'alimentation, la valeur est revenue au même niveau chez le groupe témoin et le groupe 10% ; elle reste un peu plus élevée chez les deux autres groupes.

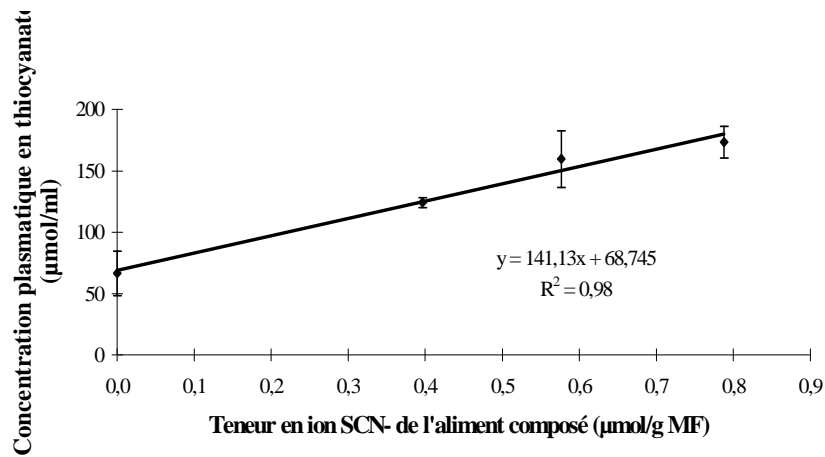


Figure 5.5. Teneur plasmatique en ions  $\text{SCN}^-$  en fonction de la teneur en thiocyanate des concentrés chez les taurillons (après 114 jours d'expérimentation).

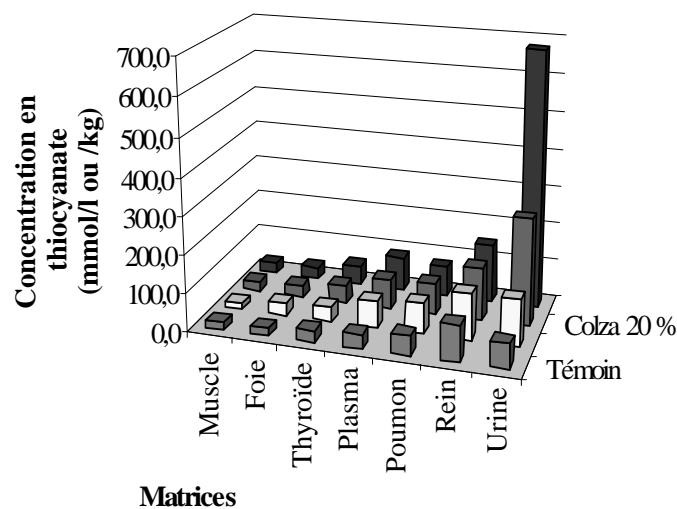


Figure 5.6. Comparaison des teneurs en thiocyanate dans les différentes matrices biologiques des taureaux.

Les concentrations en ions  $\text{SCN}^-$  trouvés dans les fluides biologiques et les organes (figure 5.6) confirment les conclusions obtenues lors de l'expérimentation "zéro effets - troubles" sur agneaux. L'accumulation se produit par ordre décroissant dans les reins, les poumons, les thyroïdes, le foie et les muscles et elle augmente avec la proportion de tourteau de colza dans les aliments. La figure montre aussi que des concentrations très élevées sont détectées dans les urines (ce qui est certainement l'explication des valeurs élevées observées dans les reins), surtout pour les lots 20 et 34%. Le rein apparaît donc comme un organe particulièrement efficace d'élimination des ions  $\text{SCN}^-$ .

La teneur en 5-VOT dans le plasma des taurillons est très faible. Comme pour l'expérimentation avec les agneaux, on observe une accumulation de ce dérivé de glucosinolate dans les poumons et plus particulièrement dans la thyroïde.

#### **4. Conclusions**

La distribution à des taurillons BBB de concentrés énergétiques contenant des proportions croissantes (de 0 à 34%) d'un tourteau de colza industriel délipidé et issu de colza 00 (21,13  $\mu\text{mol}$  de glucosinolates/g MS) permet de tirer les conclusions suivantes:

- Même si les concentrés constituent l'essentiel de la ration (la paille est le seul autre aliment), l'état physiologique et les performances zootechniques (gains en poids, ingestions de concentrés et conversion alimentaire, performances d'abattage) des animaux ne sont pas influencés par la présence du tourteau de colza.
- A l'exception des valeurs plus élevées pour la cortisolémie, aucune différence n'est observée entre les groupes pour les concentrations plasmatiques en hormones et plus particulièrement pour les hormones thyroïdiennes et la testostérone.
- Pour les thyroïdes (poids, morphologie et activité), la seule modification observée est l'augmentation de la surface folliculaire due à une proportion accrue de gros follicules avec les concentrés contenant 34% de tourteau de colza.
- L'augmentation progressive de la proportion de tourteau de colza dans les concentrés provoque une hausse très rapide (sept jours) et proportionnelle de la concentration d'ions  $\text{SCN}^-$  dans le plasma, suivie d'une stabilisation. L'arrêt de l'apport du colza provoque une rapide diminution de cette concentration. Les ions  $\text{SCN}^-$  s'accumulent dans divers organes proportionnellement aux apports alimentaires et préférentiellement dans les reins et les poumons. L'urine en constitue une voie d'excrétion importante.

## **TROISIEME PARTIE**

### **RESUME ET CONCLUSIONS**

Le Laboratoire de Physiologie animale des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix à Namur (Professeur R. Paquay) et l'Unité de Chimie générale et organique de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Professeur M. Marlier) ont entrepris une vaste étude multidisciplinaire pour évaluer les potentialités du tourteau de colza pour la croissance et l'engraissement de jeunes ruminants.

Cinq expériences ont été réalisées. Les trois premiers ont permis de déterminer les effets physiologiques, métaboliques, endocriniens et zootechniques de la distribution de concentrés à proportions variables (20% chez les taurillons, 25% chez les agneaux, 40% chez les brebis en gestation et en lactation) de tourteaux de colza de diverses variétés. Les deux autres avaient pour but de déterminer les proportions maximales de tourteaux de colza industriels qui peuvent être incorporées dans les concentrés pour jeunes ruminants (taurillons et agneaux) sans altérer ni la santé, ni les performances des animaux (seuil « zéro effets – troubles »).

#### **1. Effets zootechniques et physiologiques du tourteau de colza**

Les variétés de colza qui sont utilisées sont *Samourai*, *Apex*, *Synergy* et *Honk* respectivement à teneurs croissantes en glucosinolates totaux (de 8 à 17  $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche) dans les graines (il s'agit donc de variétés 00) et à compositions variables de ces glucosinolates (21 à 44% de progoitrine, 22 à 44% de 4-OH glucobrassicine et 15 à 21% de gluconapine). Dans les aliments composés distribués aux jeunes, les tourteaux de colza constituent presque l'intégralité des compléments azotés et les glucosinolates représentent 1,94 et 4,22  $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche chez les agneaux et 3,61  $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche chez les taurillons. Ces valeurs sont supérieures à celles recommandées par Bjerg *et al.* (1987) pour le rat (2,5  $\mu\text{mol/g}$  MS), mais nettement en-dessous des 10  $\mu\text{mol/g}$  MS avancés par Mawson *et al.* (1994a) pour les ruminants. Chez les brebis, le taux d'incorporation des tourteaux dans les aliments est porté à 40%, mais chez ces animaux, les aliments composés ne représentent qu'une faible proportion de la ration (26% en gestation, 41% en lactation) alors que chez les agneaux et les taurillons, ils sont ingérés à volonté et constituent la grande majorité de la ration, seuls un peu de foin (agneaux) et de paille (taureaux) étant ingérés en plus en guise de lest ou structure.



Sur le plan de la santé des animaux, les tourteaux de colza n'ont manifestement pas d'effets défavorables, que ce soit sur la mortalité chez les brebis et les agneaux ou sur les troubles physiologiques.

Les performances zootechniques ne sont pas non plus affectées. Que ce soit pour la croissance (taurillons ou agneaux nourris eux-mêmes aux tourteaux de colza ou dont les mères recevaient des tourteaux), pour l'évolution pondérale des brebis, pour les ingestions d'aliments et les indices de conversion ou pour les paramètres d'abattage (poids, rendement et classement des carcasses), les effets de la distribution des tourteaux sont nuls ou très faibles. Un certain retard dans l'augmentation initiale des ingestions peut être relevé chez les agneaux et les taurillons, tandis que les autres différences (gains en poids chez les taurillons, évolution du poids et des ingestions de foin chez les brebis) doivent être attribuées à des différences individuelles aléatoires. Par contre, il faut signaler un effet favorable sur la composition des graisses périrénales (moins d'acides gras saturés et de cholestérol) lorsque des tourteaux de colza sont présents dans les aliments.

La distribution des tourteaux de colza n'a aucun effet sur la concentration plasmatique de diverses substances métaboliques (GH, insuline, cortisol, progestérone, glucose, GTP et GOT), ce qui permet de conclure qu'il n'y a pas de modification des principaux métabolismes ni du fonctionnement du foie. Pour les hormones thyroïdiennes, une diminution des concentrations est observée chez les agneaux, mais pas chez les taurillons et les brebis (sauf peut-être pour l'hormone thyroïdienne T<sub>4</sub> au cours de la lactation), ce qui confirme que les glucosinolates sont plus actifs chez les jeunes ruminants. De plus et cela mériterait une analyse plus profonde, les groupes d'animaux nourris au tourteau de colza présentent de plus faibles concentrations plasmatiques en testostérone (taurillons) et œstrogènes (brebis).

Si les tourteaux de colza n'ont aucun effet sur des organes comme le foie ou les reins du point de vue pondéral, morphologique et physiologique, il n'en va pas de même pour les thyroïdes. Une hypertrophie nette de ces glandes est observée chez les agneaux et chez les brebis (seulement une brebis a été examinée par groupe), mais pas chez les taurillons. Après arrêt de l'apport des aliments composés expérimentaux, un retour rapide du poids vers la normale est observé. Lors des deux expériences sur moutons, des modifications morphologiques sont aussi apparentes dans les thyroïdes : augmentation de la proportion des gros follicules et densité cellulaire accrue chez les agneaux, augmentation du volume des vésicules, de la proportion de cellules cubiques

et du nombre et du volume des vacuoles de résorption chez la brebis. Chez les taurillons, aucune différence histologique nette n'est apparente.

La mise en culture des tissus thyroïdiens confirme une activité moindre des thyroïdes (moindre libération des hormones thyroïdiennes) chez les agneaux, alors qu'assez inattendu, l'effet est inverse chez les taurillons.

Ces résultats indiquent que les tourteaux de colza ont manifestement un effet perturbateur plus prononcé sur la thyroïde chez les moutons que chez les taurillons, même s'il faut tenir compte du fait que les concentrés ne contenaient que 20% de tourteaux de colza chez ces derniers contre 25% et 40% chez les agneaux et les brebis. Cependant, un dysfonctionnement partiel des thyroïdes n'a manifestement pas d'effet sur les performances zootechniques des animaux. On peut penser que celles-ci sont davantage régulées par un bon fonctionnement des glandes (hypophyse, pancréas, surrénales) produisant les principales hormones métaboliques (GH, insuline, glucocorticoïdes) et du foie.

Les expériences ont aussi permis de déterminer le devenir des glucosinolates des concentrés chez l'animal. Pour les glucosinolates intacts et deux types de dérivés, les isothiocyanates et les nitriles, les méthodes analytiques mises au point n'ont pu détecter leur présence dans le plasma ou divers tissus cibles (thyroïdes, reins, foie, poumons, muscles). Ces substances sont donc complètement détruites dans le système digestif et ne sont pas absorbées.

Les autres dérivés des glucosinolates, à savoir les ions  $\text{SCN}^-$  et la 5-VOT sont par contre bel et bien présents dans le sang et les tissus. C'est déjà le cas, surtout pour les ions  $\text{SCN}^-$ , chez les animaux témoins où des concentrations non négligeables sont observées dans le plasma et dans les différents organes. L'apport de grandes quantités de glucosinolates provoque une augmentation des concentrations plasmatiques d'ions  $\text{SCN}^-$ , proportionnelle aux quantités ingérées. Les valeurs se stabilisent ensuite, du moins chez les animaux à l'engraissement. Chez les brebis en lactation, une réduction de la teneur plasmatique paraît se produire après quelques semaines de lactation.

Le lait constitue une voie efficace d'excrétion des ions  $\text{SCN}^-$  qui peuvent aussi, comme la 5-VOT, s'accumuler dans de nombreux organes. Ceux-ci ont sur ce point des comportements variables. Les ions  $\text{SCN}^-$  se retrouvent par ordre décroissant de concentration dans les reins, les poumons, la thyroïde, le foie et les muscles. La 5-VOT est détectée essentiellement dans la thyroïde et les poumons. Ces résultats confirment les données de la littérature, à savoir que la thyroïde est un organe cible

bien connu de la 5-VOT et des ions  $\text{SCN}^-$  du point de vue de leurs effets perturbateurs. Quant aux poumons, ils constituent un lieu privilégié de stockage des déchets métaboliques.

## **2. Seuil « zéro effets-troubles »**

Pour se rapprocher le plus possible des conditions prévalant dans les entreprises de fabrication d'aliments pour bétail, les expériences relatives au seuil "zéro effets - troubles" sont réalisées avec un "schroot" de colza industriel délipidé (2% de matières grasses) contenant 35% de matières azotées. La concentration en glucosinolates totaux (22  $\mu\text{mol/g}$  de matière sèche délipidée) est intermédiaire entre celles des tourteaux utilisés dans les trois premières expériences (plus élevée que celles des cultivars *Samourai* et *Apex*, mais inférieure à celles des cultivars *Honk* et *Synergy*). Par contre, la répartition des glucosinolates est différente. Comme *Honk* et *Synergy*, le "schroot" comprend 44% de progoitrine (contre 21% à *Apex* et 29% à *Samourai*), mais il ne contient pratiquement pas de 4-OH glucobrassicine (contre 22 à 44% pour les quatre variétés précitées) tout en étant nettement plus riche en gluconapine (42% contre 15 à 21%).

Huit pourcentages différents (de 0 à 40%) d'inclusion de tourteaux de colza dans les concentrés sont comparés chez les agneaux et quatre (de 0 à 34%) chez les taurillons. Les valeurs maximales sont imposées par des contraintes techniques (problèmes physiologiques potentiels et taux de protéines des aliments).

Les concentrations de glucosinolates totaux varient de 0 à 8,37  $\mu\text{mol/g}$  MS dans les aliments pour agneaux et de 0 à 6,36  $\mu\text{mol/g}$  MS chez les taurillons. Ces valeurs restent en dessous de la concentration maximale avancée par Mawson *et al.* (1994a) chez les ruminants (moins de 10  $\mu\text{mol/g}$ ).

Les tourteaux de colza n'ont manifestement aucun effet sur la santé des animaux. Chez les agneaux, deux mortalités seulement sont observées dans les lots témoin et "colza 20%" et tous les animaux montrent une croissance appréciable. Chez les taureaux, deux boîtes concernent des animaux des groupes témoin et "colza 20%". Le groupe "colza 34%" ne montre qu'une diminution passagère des ingestions pendant une courte période.

Chez les agneaux, certaines différences sont observées selon les groupes pour les performances zootechniques (croissance, ingestions, carcasses). Elles proviennent manifestement de la nature des matières premières contenues dans les concentrés

(ceux du groupe témoin provoquent une tendance plus précoce à l'engraissement) et de leur valeur énergétique (les aliments avec 10 et 40% de colza ont la valeur énergétique la plus faible et provoquent des gains en poids moindres) et non du pourcentage de tourteau de colza (les performances sont similaires avec 0 et 30%, moindres avec 10%).

Chez les taurillons pour lesquels la composition chimique des quatre aliments est très semblable, les performances sont quasiment identiques dans les quatre groupes.

Contrairement à ce qui a été observé lors des premières expériences, la distribution du tourteau de colza n'a aucun effet sur les concentrations sanguines en hormones thyroïdiennes (même à 40%) chez les agneaux et il en va de même chez les taurillons. Pour le cortisol par contre, des résultats contradictoires sont observés. Les animaux témoins présentent systématiquement des valeurs moyennes plus élevées chez les agneaux et plus faibles chez les taurillons. Des différences individuelles ou des perturbations sociales au sein des groupes pourraient être impliquées. Chez les taurillons et contrairement à ce qui avait été observé pendant la première expérience, les taux plasmatiques de testostérone ne diffèrent pas selon les groupes.

Comme lors de l'expérience précédente, la distribution des tourteaux de colza provoque une hypertrophie de la thyroïde chez les agneaux, mais elle n'apparaît qu'à partir de 20% de tourteau dans les concentrés et elle ne s'aggrave pas avec l'augmentation du pourcentage de tourteau. Cette hypertrophie s'accompagne d'une augmentation de la surface des follicules. Chez les taurillons, le poids des thyroïdes n'est pas modifié par le tourteau de colza même si avec 34% on observe une augmentation du pourcentage de gros follicules. La libération des hormones par le tissu thyroïdien en culture n'est pas non plus influencée.

Globalement, ces résultats confirment que le tourteau de colza a moins d'effets chez des taurillons à l'engraissement que chez de jeunes agneaux. On constate aussi que, chez ces derniers et même à 30 et 40%, le "schroot" utilisé dans le présent cas a des effets nettement moins prononcés que lors de l'expérience précédente (avec 25%), notamment pour ce qui est de l'émission des hormones thyroïdiennes. Peut-être la répartition différentielle des glucosinolates peut-elle être incriminée.

Les résultats des deux expériences permettent aussi de confirmer les conclusions tirées précédemment pour les ions  $\text{SCN}^-$  et la 5-VOT. Les premiers s'accumulent dans le plasma proportionnellement à la teneur en glucosinolates et en

ions  $\text{SCN}^-$  dans les aliments, mais leur concentration reste stable si leur ingestion ne varie pas. Les prélèvements faits chez les taurillons montrent que l'accumulation précitée est rapide (le maximum est déjà atteint après une semaine) et que l'arrêt de la distribution des tourteaux provoque une diminution rapide des concentrations plasmatiques qui, après sept jours, sont revenues au niveau de base ou s'en rapprochent. Les résultats confirment également une accumulation des ions  $\text{SCN}^-$  dans divers organes (avec par ordre décroissant les reins, les poumons, les thyroïdes, le foie et les muscles). Ils montrent aussi que les urines sont, comme le lait, une voie efficace d'élimination de ces ions, les reins n'étant dès lors probablement qu'un lieu de passage.

Chez les agneaux, la 5-VOT s'accumule préférentiellement dans les thyroïdes et les poumons et est peu abondante dans le foie, les reins et les muscles.

### **3. Conclusions générales**

L'ensemble des résultats des cinq expériences permet de formuler des enseignements et des recommandations importants. Ils concernent l'incorporation aux aliments composés pour jeunes ruminants de tourteau de colza 00 (contenant 10 à 24  $\mu\text{mol}$  de glucosinolates/g de matière sèche), quelles que soient les variétés et qu'il se présente sous forme de "schilfers" (jusque 20% de matière grasse) ou de "schroot" commercial (2% de graisse). Ces conclusions restent sans doute valables lorsque les profils en glucosinolates s'écartent quelque peu de ceux étudiés dans ces essais (pourcentages respectifs de progoitrine, 4-OH glucobrassicine et gluconapine, principalement).

Même dans le cas où les concentrés constituent l'essentiel de la ration (en plus de foin et de paille) et sont ingérés à volonté, une proportion d'au moins 30% de tourteau de colza peut être incorporée dans les aliments composés pour agneaux et taurillons en croissance-engraissement sans altérer la santé (mortalité, troubles) et les performances de croissance, d'ingestion (quantités et indices de conversion) et d'abattage (poids, rendement et classification des carcasses) des animaux.

L'apport de concentrés contenant au moins 40% de tourteau de colza à des brebis en gestation – lactation ne modifie en rien la viabilité, la santé, la croissance et les performances d'abattage des agneaux qu'elles produisent.

Il a néanmoins été constaté que le poids, la morphologie et l'activité de la thyroïde peuvent être perturbés par une distribution abondante de tourteaux. Les effets

sont nettement plus prononcés chez le mouton que chez le bovin. Chez le jeune agneau, une hypertrophie de la thyroïde apparaît pour des teneurs en tourteaux de 20% et plus dans les concentrés. Des perturbations histologiques sont observées (proportions variables des types de cellules et de follicules, modification du nombre et du volume des vacuoles de résorption) et l'activité sécrétrice est modifiée de manière variable. Lors de l'expérience avec 25% de tourteaux dans les concentrés, une libération moindre des hormones thyroïdiennes *in vitro* et une réduction de leurs concentrations plasmatiques sont notées, alors que lors de l'expérience seuil "zéro effets - troubles", ces concentrations ne sont pas diminuées, même avec 40% de tourteau. Peut-être la répartition des glucosinolates est-elle en jeu. Chez les taureaux, le poids et l'activité des thyroïdes ne sont pas affectés, même avec 34% de tourteaux ; seuls de légères modifications morphologiques sont apparentes.

Les tourteaux de colza n'ont pas par eux-mêmes d'effets sur les concentrations plasmatiques de diverses hormones métaboliques (GH, insuline, cortisol), ni sur le poids et la morphologie du foie et des reins, ni sur la concentration plasmatique d'enzymes hépatiques (GOT, GPT). En revanche, des réductions des concentrations plasmatiques en stéroïdes sexuels (androgènes chez les taurillons, œstrogènes chez les brebis) sont observées ; des expérimentations supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats et pour rechercher un éventuel effet du colza sur les processus de reproduction.

Les glucosinolates intacts, les isothiocyanates et les nitriles ne sont pas détectés dans le plasma et les organes des animaux. Il n'en va pas de même pour les ions SCN<sup>-</sup> dont la concentration augmente rapidement dans le plasma lors de la distribution d'aliments contenant du tourteau de colza (la valeur maximale est atteinte après sept jours). Cette concentration est proportionnelle aux quantités ingérées et se maintient durant toute la durée de distribution de colza. Elle diminue rapidement après l'arrêt de cette distribution car ces ions sont abondamment excrétés par les urines, mais aussi par le lait. Ils sont également stockés dans des organes comme, par ordre décroissant de concentration, les reins, les poumons, les thyroïdes, le foie et les muscles.

La 5-VOT s'accumule dans des organes tels que la thyroïde (principalement) et les poumons, beaucoup moins dans les reins, le foie et les muscles.

La présence dans l'organisme de ces dérivés de glucosinolates n'a manifestement aucun effet sur les paramètres zootechniques et physiologiques à l'exception évidemment de la thyroïde. Il faut d'ailleurs signaler que, pour les ions

SCN<sup>-</sup>, les valeurs plasmatiques et l'accumulation dans les organes sont loin d'être négligeables chez les animaux témoins.

A condition que les glandes responsables de l'émission des principales hormones métaboliques (hypophyse, surrénales, pancréas) fonctionnent correctement, une perturbation de la thyroïde et l'accumulation de dérivés des glucosinolates dans les tissus des animaux n'ont donc pas d'effet préjudiciable sur les performances de croissance ni sur les performances d'abattage des jeunes ruminants.

### Implications pratiques

Sans se prononcer sur d'éventuels effets sur les processus de reproduction et sur la qualité, notamment organoleptique et nutritive des produits (viandes et cinquième quartier), les résultats de ces recherches permettent d'affirmer que des taux de tourteau de colza 00 (jusque 30% et davantage) beaucoup plus élevés que ceux généralement recommandés par les fabricants belges d'aliments composés peuvent être incorporés aux aliments composés destinés aux jeunes ruminants à l'engrais (taurillons, agneaux). Ce sont les risques de troubles métaboliques ou d'excès de substances azotées dans les concentrés plutôt que la présence des glucosinolates qui limiteraient le recours au tourteau de colza.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **Publications relatives à ces recherches**

1. Derycke G., Bister J.L., Paquay R., 1996. The use of rapeseed cakes in lamb's growth and fattening. 47th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Lillehammer, Book of Abstracts EAAP, n° 2, 332, Wageningen Press, Wageningen.
2. Derycke G., Mabon N. et Paquay R., 1997. Etude de l'influence du tourteau de colza sur les performances zootechniques et les fonctions physiologiques du taurillon Bleu Blanc Belge. 4<sup>ème</sup> Rencontres Recherches Ruminants, p. 145, INRA, Paris.
3. Derycke G., Mabon N. et Paquay R., 1997. The use of rapeseed cakes in gestating and lactating ewes. 48th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Vienna, in Eur. J. Physiol. Pflüger Arch., NMPPh 3.12, 88.
4. Derycke G., Mabon N., Mandiki S.N.M., Bister J.L., Wathelet J.P., Paquay R. and Marlier M., 1999. Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lambs physiology and performance. 1. Animal performance. Animal Feed Science and Technology, 81: 81-91.
5. Mabon N., Mandiki S.N.M., Derycke G., Bister J.L., Wathelet J.P., Marlier M. and Paquay R., 1999. Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lambs physiology and performance. 3. Antinutritional factors in plasma and organs. Animal Feed Science and Technology (accepted for publication).
6. Mabon N., Wathelet J.-P. and Marlier M., 1999. Analysis of 5-vinyl-1,3-oxazolidine-2-thione in complex matrices at ppb level. TALANTA, 49: 199-206.
7. Mabon N., Wathelet J-P, Marlier M., Derycke G., Mandiki R. and Paquay R., 1999. Correlation between breakdown products of glucosinolates and the amount of rapeseed meal introduced in the diets of 80 lambs and 32 bulls. Evolution of the 5-vinyl-1,3-oxazolidine-2-thione (VOT) and thiocyanate ions in biological fluids. 10th International Rapeseed Congress, Sept. 26-29<sup>th</sup>, Canberra – Australia.
8. Mandiki S.N.M., Derycke G., Bister J.L., Mabon N., Marlier M. and Paquay R., 1999. Optimal level of rapeseed meal in diets for lambs. 10th International Rapeseed Congress, Sept. 26-29<sup>th</sup>, Canberra – Australia.
9. Mandiki S.N.M., Derycke G., Bister J.L., Mabon N., Wathelet J.P., Marlier M. and Paquay R., 1999. Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lambs physiology and performance. 2. Plasma substances and activity of the thyroid. Animal Feed Science and Technology, 81 : 93-103.



10. Mandiki S.N.M., Bister J.L., Derycke G., Mabon N., Wathelet J.P., Marlier M. et Paquay R., 1999. Potentialités du tourteau de colza pour l'engraissement des ruminants : performances zootechniques, sécrétions hormonales et devenir des substances antinutritionnelles. *Renc. Rech. Ruminants*, 6 : 151-154.
11. Mandiki S.N.M., Derycke G., Bister J.L., Mabon N., Wathelet J.P., Marlier M. and Paquay R., 1999. Influences of rapeseed antinutritional factors on gestating and lactating ewes and their offspring. 1. Animal performances and circulating hormones and glucose. *Animal Feed Science and Technology* (submitted for publication).
12. Paquay R., Mandiki S.N.M., Mabon N., Wathelet J.P., Marlier M. and Bister J.L., 1999. Optimization of the use of rapeseed meal for fattening bulls. 10th International Rapeseed Congress, Sept. 26-29<sup>th</sup>, Canberra – Australia.
13. Wathelet J-P, Mabon N. and Marlier M., 1999. Determination of glucosinolates in rape seeds. Improvement of the official HPLC ISO method (precision and speed). 10th International Rapeseed Congress, Sept. 26-29<sup>th</sup>, Canberra – Australia.

#### **Autres publications**

14. Andersen P.E. and Just A., 1979. *Tabeller over jodermidlers sammensætning m.m.* 7. Udg. Det Kgl. Danske Landhusholdningselskab, København, 56 pp.
15. Bjerg B., Eggum B.O., Larsen L.M. and Sorensen H., 1987. Acceptable concentrations of glucosinolates in double low oilseed rape and possibilities of further quality improvements by processing and plant breeding. *Proc. 7th Int. Rapeseed Congress*, Poznan (Poland), 1619-1626.
16. Bell J.M., 1993. Factors affecting the nutritional value of Canola meal : a review. *Can. J. Anim. Sci.*, 73: 679-697.
17. Busato A., Bestetti G.E., Rossi G.L., Gerber H., Peter H.J. and Blum J.W., 1991. Effects of feeding rapeseed-meal on liver and thyroid gland and histomorphology in growing pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 66: 12-27.
18. Chapoutot P. and Sauvant D., 1997. Nutritive value of raw and extruded pea-rapeseed blends for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 65: 59-77.
19. De Boever J.L., Cottyn B.G., Buysse F.Y., Wainman F.W. and Vanacker J.M., 1986. The use of a cellulase technique to predict the feeding value of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 14 : 203-214.
20. Emanuelson M., Murphy M. and Lindberg J.E., 1991. Effects of heat-treated and untreated full-fat rapeseed and tallow on rumen metabolism, digestibility, milk composition and milk yield in lactating cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 34: 291-309.

21. Fiems L.O. and Buysse F.X., 1985. Aperçu de l'utilisation e tourteaux de colza en tant que source de protéines dans les rations pour ruminants. *Revue de l'Agriculture*, 2(38): 261-274.
22. Gutwiller A., 1996. Effets des glucosinolates du colza sur l'organisme. *Revue suisse Agric.*, 28(3): 129-132.
23. Hill R., Vincent I.C. and Thompson J., 1990. The voluntary intake and weight gain of lambs given concentrate foods containing rapeseed meal with a range of glucosinolate contents. *Animal Production*, 50,1 (abst.): 142.
24. Hill R., 1991. Rapeseed meal in the diets of ruminants. *Nutr. Abstr. Rev.*, 61(3) : 139-155.
25. Hopkins D.L., Beattie A.S. and Pirlet K.L., 1995. Meat quality, carcass fatness and growth of short scrotum lambs grazing either fosage rape or irrigated perennial pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35: 453-459.
26. Khorasani G.R., Robinson P.H., De Boer G. and Kennelly J.J., 1991. Influence of canola fat on yield, fat percentage, fatty acid profile and nitrogen fractions in Holstein milk. *J. Dairy Sci.*, 74(6): 1904-1911.
27. Lardy G.P., Catlett G.E., Kerley M.S. and Paterson A., 1993. Determination of the ruminal escape value and duodenal amino acid flow of rapeseed meal. *J. Anim. Sci.*, 71: 3096-3104.
28. Lardy G.P. and Kerley M.S., 1994. Effect of increasing the dietary level of rapeseed meal on intake by growing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 72: 1936-1942.
29. Mawson R., Heany R.K., Piskula M. and Kozłowska H., 1993a. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part I. Rapeseed parturition and chemistry of glucosinolates. *Die Nahrung*, 37: 131-140.
30. Mawson R., Heany R.K., Zdunczyk Z. and Kozłowska H., 1993b. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part II. Flavour and palatability. *Die Nahrung*, 37: 336-344.
31. Mawson R., Heany R.K., Zdunczyk Z. and Kozłowska H., 1994a. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part III. Animal growth and performance. *Die Nahrung*, 38: 167-177.
32. Mawson R., Heany R.K., Zdunczyk Z. and Kozłowska H., 1994b. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects. Part IV. Goitrogenicity and internal organs abnormalities in animals. *Die Nahrung*, 38: 178-191.
33. Papas A., Ingalls J.R. and Campbell L.D., 1979. Studies on the effects of rapeseed meal on thyroid status of cattle, glucosinolate and iodine content of milk and other parameters. *J. Nutr.* 109: 1129-1139.

- 
34. Plaisance R., Petit H.V., Sesane J.R., Mioux R., 1997. The nutritive value of canola, heat-treated canola and fish meals as protein supplements for lambs fed grass silage. *Anim. Feed Sci. Techno.*, 68: 139-152.
  35. Schöne F., Groppe B., Henning A. and Jahreis G., 1997. Rapeseed meals, methimazole, thiocyanate and iodine affect growth and thyroid. Investigations into glucosinolate tolerance in the pig. *J. Sci. Food Agric.*, 74: 69-80.
  36. Vanbelle M. and Tychon P., 1986. Les oléo-protéagineux en nutrition animale. 1. Le colza. Publication n° 44 de l'Unité de Biochimie de la Nutrition, Université Catholique de Louvain.
  37. Vincent I.C., Williams H.L. and Hill R., 1988. Feeding British rapeseed meals to pregnant and lactating ewes. *Anim. Prod.*, 47: 283-289.
  38. Wathelet J.P., Istasse L., Mayombo A.P. and Marlier M., 1997. Incorporation de tourteau de colza obtenu par pression dans une ration d'engraissement chez le taurillon. II. Les glucosinolates et leurs dérivés dans le rumen. *Ann. Zootech.*, 34: 291-309.