

LES GRAS *TRANS* DANS LE LAIT

Par

Johanie Fournier (04 170 775)

Supervisé par:
Yvan Chouinard

Séminaire en sciences animales
SAN-12474

16 mars 2007

Département des sciences animales

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation



RÉSUMÉ

Les gras *trans*, en raison de leurs effets sur la santé, sont au cœur des préoccupations de la population. Des études scientifiques ont montré que ces gras sont réputés pour avoir des effets négatifs sur la santé. Entre autres, les gras *trans* contribuent à augmenter le taux de mauvais cholestérol et à diminuer le taux de bon cholestérol dans le sang. Ces gras *trans* sont présents dans les produits à base d'huile hydrogénée (margarine, shortening, pâtisserie, ...) et dans les différents produits issus des ruminants (produits laitiers et viande). En considérant que ces deux catégories de produits n'ont pas la même teneur en gras et qu'ils n'ont pas la même composition en gras *trans*, il est logique que le lait et les différents produits laitiers n'aient pas les mêmes effets sur la santé que les produits à base d'huile hydrogénée. Des chercheurs ont avancé que les acides C18:1 *trans*-11 et C18:2 *cis*-9, *trans*-11, contenus principalement dans le lait, auraient un rôle à jouer dans la prévention du cancer. Par contre, les différents effets sur la santé de tous les isomères C18:1 *trans* contenus à la fois dans le gras animal et dans les produits à base d'huile hydrogénée ne sont pas encore connus. Le besoin de connaître les différents moyens qui peuvent influencer la composition en gras du lait s'est alors fait sentir. Moduler la composition en gras du lait pourrait permettre de faire un lait possédant de nouvelles propriétés et ainsi il serait possible de développer de nouvelles façons d'influencer positivement notre santé. Le moyen le plus efficace afin de moduler la composition du lait est de modifier la composition de la ration qui est servie aux animaux. Principalement, pour augmenter la teneur en gras insaturés du le lait, il faut augmenter la teneur en gras insaturés dans la ration des animaux. L'huile de poissons est une alternative qui donne de bons résultats. D'autres options sont aussi à considérer. Des changements sont observables, dans la composition du gras contenu dans le lait, lorsque les vaches sont au pâturage ou lorsqu'elles reçoivent un supplément de vitamine E dans leur ration.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
1. INTRODUCTION	8
2. LES ACIDES GRAS TRANS.....	2
2.1. LES GRAS TRANS INDUSTRIELS	2
2.1.1. Effets des acides gras trans sur la santé	3
2.2. LES ACIDES GRAS TRANS DANS LE LAIT	3
2.2.1. L'acide C18:1 trans-11.....	5
2.3. BIOHYDROGÉNATION DES ACIDES GRAS INSATURÉS DANS LE RUMEN.....	5
2.3.1. L'acide C18:2 cis-9, trans-11	8
3. MODIFIER LA COMPOSITION DES ACIDES GRAS TRANS DANS LE LAIT	9
3.1. CONDITIONS NÉCESSAIRES À LA PRODUCTION DES ISOMÈRES C18:1 TRANS PAR LE RUMEN	9
3.2. RATIONS RICHES EN CONCENTRÉS AVEC DES HUILES POLYINSATURÉES DE POISSONS, LIN ET TOURNESOL	13
3.3. EFFET DE L'HUILE DE POISSONS SUR LES ACIDES C18:1 TRANS-11 ET C18:2 CIS-9, TRANS-11	17
3.4. PERSISTANCE DE LA MODIFICATION DU PROFIL D'ACIDE GRAS	23
3.5. EFFET DU PÂTURAGE SUR LE PROFIL EN ACIDE GRAS DU LAIT	27
3.6. EFFET DE LA VITAMINE E SUR LE PROFIL EN ACIDE GRAS DU LAIT.....	30
CONCLUSION	34
RÉFÉRENCES.....	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Composition des acides gras <i>trans</i> à 18 carbones de sources industrielles (adaptée de Stender et Dyerberg, 2003; citée par Kühlsen et al., 2005).	3
Figure 2: Profil chromatographique des acides gras à 18 carbones contenus dans le lait de vache (adaptée de Precht et Molkentin, 1996).	4
Figure 3: Composition des acides gras <i>trans</i> à 18 carbones du gras animal de ruminant (adaptée de Stender et Dyerberg, 2003; citée par Kühlsen et al., 2005).	4
Figure 4: Digestion des graisses alimentaires dans le rumen. AG : acides gras, TG : triacylglycérols, GL : glycérols, AGV : acides gras volatils et PL : phospholipides (Chouinard, 2005).	6
Figure 5: Biohydrogénation des acides gras insaturés par les microorganismes du rumen (Chouinard, 2005).	7
Figure 6: Effets de différents niveaux de fibres et du type des gras de la ration sur le profil des isomères C18:1 <i>trans</i> dans le gras du lait. A: ration riche en fibres avec un supplément de gras saturés. B: ration riche en fibres avec des gras insaturés. C: ration pauvre en fibres avec des gras saturés. D: ration pauvre en fibres avec des gras insaturés (tirée de Griinari et al., 1998).	10
Figure 7: Composition des différents isomères <i>trans</i> des gras à 18 carbones et à une seule insaturation dans le lait lorsque les vaches sont alimentées avec de l'huile de poissons, de lin ou de tournesols dans leur rations (adaptée de Loor et al., 2005). Les données concernant les acides avec leur double lien en position 6+7+8, 9, 10, 13+14, 15 et 16 sont toutes différentes significativement ($p < 0,05$). Pour les données avec les insaturations aux positions 6+7+8 et 9, le traitement à l'huile de poissons est différent significativement du traitement à l'huile de tournesols. Ces deux traitements sont semblables au traitement à l'huile de lin. Pour les données avec les insaturations en position 10, 13+14 et 15, seule le traitement à l'huile de lin est différent significativement. Pour les données avec l'insaturation en position 16, les trois traitements sont différents significativement.	14
Figure 8: Composition des isomères <i>trans</i> d'acides gras à 18 carbones contenu dans le lait des vaches alimentées avec une ration à 50 % de foin et supplémentée avec de l'huile de poissons, du soya extrudé ou un mélange de ces deux éléments (adaptée de AbuGhaleh et al., 2002). Seules les données de	

la ration témoin comparées avec les autres rations sont différentes significativement (P = 0,01)..... 18

Figure 9: Composition des isomères *trans* du lait de vaches alimentées avec une ration supplémentée avec différentes proportions d'huile de poissons et de gras provenant du soya extrudé (adaptée de Whitlock et al., 2006). La ration témoin ne contenait aucun supplément d'huile de poissons. La ration considérée à faible teneur en huile de poissons (FHP) contenait 0,33 % d'huile de poisson et 1,67 % de gras provenant du soya extrudé. La ration considérée à teneur moyenne en huile de poissons (MHP) contenait 0,67 % d'huile de poissons et 1,33 % de gras de soya extrudé et la ration considérée à haute teneur en huile de poissons (ÉHP) contenait un pourcent d'huile de poissons et un pourcent de gras de soya extrudé. Les résultats obtenus avec la ration témoin comparés avec les trois autres rations à teneur variables en huile de poissons sont significativement différents (P<0,01). Pour ce qui est des résultats du C18:1 *trans*-11 les données concernant les teneurs moyennes et élevées en huile de poissons sont significativement différentes (p< 0,05). 21

Figure 10: Variation de la concentration de certains acides gras dans le lait des vaches alimentées avec une ration à base d'ensilage de maïs supplémentée avec 0 (●) ou 45 (○) g / kg MS d'un mélange 1:2 d'huile de poissons et d'huile de tournesols. Les valeurs présentées représentent une moyenne pour les vaches de l'étude (adaptée de Shingfield et al., 2006). SEM= 0,62, 0,83, 0,24, 0,44, 0,005 et 0,004 g/100g d'acide gras pour C16:0, C18:0, C18:1 *trans*-11, C20:5 n-3 et 22:6 n-3, respectivement..... 24

Figure 11: Variation de la composition de différents isomères d'acides gras à 18 carbones dans le temps pour les vaches alimentées avec une ration à base d'ensilage de maïs supplémentée avec 0 (●) ou 45 (○) g / kg MS d'un mélange 1:2 d'huile de poissons et d'huile de tournesols. Les valeurs présentées représentent une moyenne pour les vaches de l'étude (adaptée de Shingfield et al., 2006). SEM= 0,02, 0,73, 0,62, 0,02, 0,17, 0,009 et 0,002 g/100g d'acide gras pour C18:1 *trans*-6+7+8, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-11, C18:1 *trans*-12, C18:2 *cis*-9, *trans*-12 C18:2 *trans*-9, *cis*-11 et C18:2 *trans*-10, *cis*-12, respectivement..... 25

Figure 12: Comparaison des différents niveaux d'isomères à 18 carbones et à une insaturation pour des vaches alimentées avec différents niveaux de pâturage avec ou sans supplément de concentrés (adaptée de Bargo et al., 2006). Seul l'effet principal du supplément de concentré a eu un effet significatif..... 28

Figure 13: Composition des isomères *trans* à 18 carbones du lait des vaches alimentées avec une ration 50:50 fourrage sur concentrés supplémentée avec du lin extrudé ou avec du lin extrudé et de la vitamine E (adaptée de Pottier et

al.,2006). Les seules valeurs différentes significativement sont celles relatives
au C18:1 *trans*-10..... 31

Figure 14: Effet de la séquence d'administration de la vitamine E sur la
concentration du C18:1 *trans*-11 (●) et du C18:1 *trans*-10 (□) dans le lait des
vaches recevant une ration haute en gras. La période un correspond aux jours
un à 21 et la période deux aux jours 22 à 42. Pour le groupe un, la vitamine E
est ajoutée durant la période un et pour le groupe deux durant la période deux
(adaptée de Pottier et al., 2006)..... 33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Effet du niveau de fibres et du type de gras ajouté à la ration sur la composition en acides gras du lait (adapté de Griinari et al., 1998).	12
Tableau 2: Pourcentages des acides gras sélectionnés dans le fluide ruminal des vaches alimentées avec une ration à haute teneur en concentrés supplémentée avec 2,5 % d'huile de poissons (HP), cinq pourcents d'huile de lin (HL), ou cinq pourcents d'huile de tournesols (HT) (adapté de Loor et al., 2005).	15
Tableau 3: Pourcentages de certains acides gras contenus dans le lait des vaches alimentées avec une ration à haute teneur en concentrés supplémentée avec 2,5 % d'huile de poissons (HP), cinq pourcents d'huile de lin (HL), ou cinq pourcents d'huile de tournesols (HT) (adapté de Loor et al., 2005).	15
Tableau 4: Pourcentages des acides gras sélectionnés dans le fluide ruminal des vaches alimentées avec une ration contenant 50 % de fourrages supplémentée avec deux pourcents d'huile de poissons (HP), deux pourcents de gras provenant du soya extrudé (SE) ou un mélange de un pourcent d'huile de poissons et de un pourcent de gras de soya extrudé (HP+SE) (adapté de AbuGhaleh et al., 2002).	19
Tableau 5: Pourcentages des acides gras sélectionnés dans le lait des vaches alimentées avec une ration contenant 50 % de fourrages supplémentée avec deux pourcents d'huile de poissons (HP), deux pourcents de gras provenant du soya extrudé (SE) ou un mélange de un pourcent d'huile de poissons et de un pourcent de gras de soya extrudé (HP+SE) (adapté de AbuGhaleh et al., 2002).....	19
Tableau 6: Teneur de quelques acides gras contenus dans le lait des vaches recevant des rations supplémentées avec différentes teneurs en huile de poissons et en soya extrudé (adapté de Whitlock et al., 2006).	22
Tableau 7: Composition de quelques acides gras contenus dans le lait des vaches alimentées avec différents niveaux de pâturage avec ou sans supplément de concentrés (adapté de Bargo et al., 2006).	28
Tableau 8: Composition de quelques isomères <i>trans</i> à 18 carbones du lait des vaches alimentées avec une ration 50:50 fourrage sur concentrés supplémentée avec du lin extrudé ou avec du lin extrudé et de la vitamine E (adapté de Pottier et al.,2006).....	31

1. INTRODUCTION

Les gras *trans* sont réputés avoir des effets néfastes sur la santé. Selon Santé Canada (2006), les gras *trans* peuvent accroître le risque de maladies cardiovasculaires en contribuant à augmenter le taux de mauvais cholestérol (LDL) et à diminuer le taux de bon cholestérol (HDL) dans notre organisme. Ces gras sont présents dans les différents produits à base d'huile hydrogénée et dans les produits provenant des ruminants tels que le lait et la viande. Les produits alimentaires fabriqués à base d'huile hydrogénée peuvent contenir jusqu'à 45 % de gras *trans* par rapport à la quantité totale de gras présent et, les différents produits laitiers ainsi que la viande de ruminant, contiennent entre deux et six pourcents de gras *trans* sur le total du gras présent (Santé Canada, 2006). Santé Canada, dans une optique de saine alimentation, recommande de réduire les proportions de gras *trans* consommées quotidiennement. Dans le but d'offrir à la population toute l'information nécessaire pour faire des choix sains, le gouvernement du Canada a rendu l'étiquetage des gras *trans* obligatoire. Ainsi, il est possible de retrouver les teneurs en gras *trans* sur l'étiquette nutritionnelle des différents aliments, incluant les produits laitiers. Avant de s'alarmer sur les risques potentiellement négatifs des produits laitiers sur notre santé, il faut tenir compte du fait que les huiles hydrogénées et les produits laitiers ne contiennent pas les mêmes formes de gras *trans*. La forme prédominante, dans les huiles hydrogénées, est la famille des acides *trans*-9 maintenant reconnus comme ayant des effets néfastes sur la santé. Dans les produits laitiers, la famille des acides *trans*-11 est prédominante, plus particulièrement, l'acide C18:1 *trans*-11 (acide vaccénique). Par contre, ces acides gras ne sont pas reconnus comme ayant les mêmes effets sur la santé que les acides *trans*-9. L'effet positif direct du C18:1 *trans*-11 n'a pas encore été démontré, mais cet acide pourrait contribuer indirectement à la prévention du cancer en se transformant en acide linoléique conjugué (ALC). D'ici à ce que le débat entourant l'effet sur la santé des acides gras *trans* soit fixé, il est pertinent de comprendre comment modifier la composition en acide gras *trans* du lait.

2. LES ACIDES GRAS *TRANS*

Les acides gras *trans* se retrouvent dans les produits à base d'huile hydrogénée tels que, les margarines dures, les aliments frits et les produits de boulangerie à base de shortening, de margarine ou d'huile hydrogénée. Il est aussi possible de retrouver d'autres types de gras *trans* dans les produits provenant des ruminants tels que le lait, les différents produits laitiers et la viande (Santé Canada, 2006). Les acides gras contenus dans le lait proviennent principalement de la mobilisation des gras corporels, de la synthèse par la glande mammaire et de l'alimentation qui fournit des acides gras qui sont, au préalable, partiellement hydrogénés par les microorganismes contenus dans le rumen.

2.1. Les gras trans industriels

Les acides gras *trans* industriels sont obtenus par un processus chimique d'hydrogénation des acides gras polyinsaturés de l'huile végétale. Durant ce processus, il se forme principalement des gras *trans* monoinsaturés. La distribution de ces gras, selon la position de leur double lien, est beaucoup plus homogène que pour les gras contenus dans le lait. La Figure un présente le profil de la composition en acides gras C18:1 *trans* de l'huile hydrogénée. Selon cet histogramme, les principaux isomères présents dans l'huile hydrogénée sont le C18:1 *trans*-9, le C18:1 *trans*-10, et le C18:1 *trans*-11 (Stender et Dyerberg, 2003 cité par cité par Kühlsen et al., 2005).

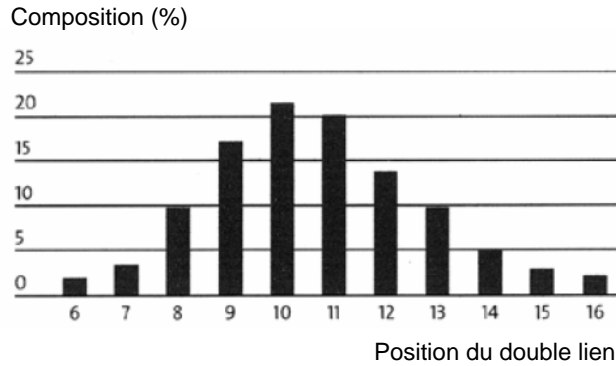


Figure 1: Composition des acides gras *trans* à 18 carbones de sources industrielles (adaptée de Stender et Dyerberg, 2003; citée par Kühlsen et al., 2005).

2.1.1. Effets des acides gras trans sur la santé

Les acides gras *trans* sont reconnus comme étant néfastes pour la santé puisqu'ils affectent principalement les niveaux de bon et de mauvais cholestérol. Plus particulièrement, les gras *trans* ont des effets négatifs sur les ratios de bon cholestérol (HDL) par rapport au taux de cholestérol total (Mensink et al., 2003). Ceci implique donc que les gras *trans* contribuent à augmenter les risques de maladies cardiovasculaires. Par contre, il faut préciser que l'analyse faite par Mensink et al. (2003) ne distingue pas les effets des différents isomères d'acides gras *trans*. Il est donc impossible de se baser sur cette étude pour déterminer si les gras *trans* contenus dans le lait sont plus ou moins néfastes pour la santé que les gras *trans* issus de l'hydrogénation commerciale.

2.2. Les acides gras trans dans le lait

Le lait se compose en majeure partie d'eau dans laquelle on retrouve des protéines, des lipides, du lactose, des minéraux et des vitamines (Roy, 2006). Le profil chromatographique des acides gras à 18 carbones contenus dans le lait est présenté à la Figure deux (Precht et Molkentin, 1996).

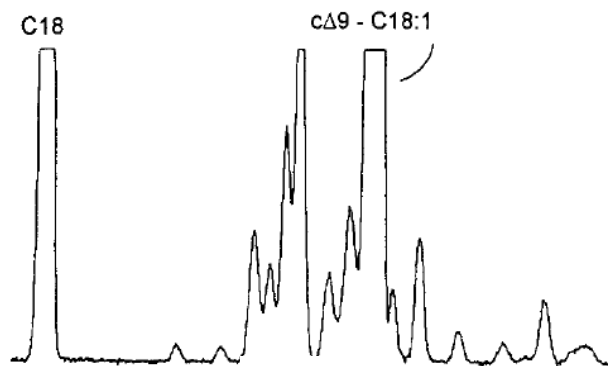


Figure 2: Profil chromatographique des acides gras à 18 carbones contenus dans le lait de vache (adaptée de Precht et Molkentin, 1996).

En analysant de plus près les différents isomères à 18 carbones Stender et Dyerberg (2003) en sont venus à la conclusion que le principal gras *trans* du lait comporte une insaturation sur le 11^e carbone (Stender et Dyerberg, 2003, cité par Kühlsen et al., 2005). En fait, l'acide C18:1 *trans*-11 est l'acide gras *trans* à 18 carbones le plus abondant dans les produits provenant des ruminants (voir Figure trois).

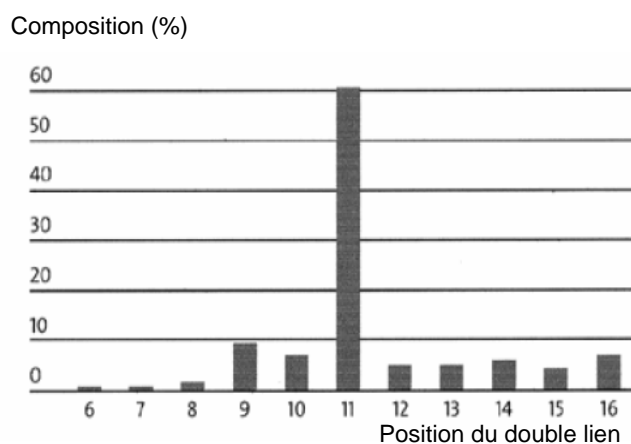


Figure 3: Composition des acides gras *trans* à 18 carbones du gras animal de ruminant (adaptée de Stender et Dyerberg, 2003; citée par Kühlsen et al., 2005).

2.2.1. L'acide C18:1 *trans*-11

La consommation d'acides gras *trans* provenant des ruminants est reconnue comme étant moins néfaste sur la santé cardiovasculaire que la consommation d'acides gras *trans* issus de l'hydrogénation industrielle (Mensink et al., 2003). Une expérience de Siedel et al. (2005), démontre que le lait enrichi en C18:1 *trans*-11 a des effets moins néfastes sur la santé cardiovasculaire que le lait conventionnel. Plus particulièrement, ce lait enrichi a contribué à réduire le ratio LDL/HDL. Ainsi, le C18:1 *trans*-11, l'acide gras *trans* le plus abondant naturellement dans le lait, ne semble pas être aussi néfaste pour la santé que les isomères *trans*-9 ou *trans*-10. Par contre, même s'il ne semble pas être aussi néfaste pour la santé humaine que les gras *trans* provenant des huiles hydrogénées, de plus amples recherches sont nécessaires afin de démontrer que le C18:1 *trans*-11 a des effets bénéfiques sur la santé.

2.3. Biohydrogénation des acides gras insaturés dans le rumen

Le profil des acides gras du lait peut être modifié par le biais de l'alimentation de l'animal. Afin de bien comprendre ce phénomène, il est nécessaire de s'attarder au processus de biohydrogénation qui se produit dans le rumen.

Les différentes rations offertes aux ruminants apportent plusieurs composantes et éléments nutritionnels essentiels au bon développement de ces animaux. Parmi celles-ci, on y retrouve les acides gras polyinsaturés. Lors de leur passage dans le rumen, ces acides gras sont hydrogénés, par les microorganismes présents, en acides gras saturés. Ces graisses saturées sont ensuite transportées dans l'intestin grêle pour y être absorbées. La digestion des graisses alimentaires, présentée à la Figure quatre, débute par l'hydrolyse des triacylglycérols et des glycolipides pour ensuite procéder à une hydrogénation des acides gras libres qui y sont produits. Les glycérols libres, pour leur part, vont servir de substrat aux cellules microbiennes pour la formation des acides gras volatils qui seront absorbés par la paroi du rumen (Chouinard, 2005).

La biohydrogénation des acides gras polyinsaturés libres dans le rumen débute par l'isomérisation de la double liaison Δ -12-*cis* du C18:2 *cis*-9, *cis*-12 (l'acide linoléique) afin de produire le C18:2 *cis*-9, *trans*-12 (acide linoléique conjugué). Cette réaction est effectuée par une enzyme, la Δ -12-*cis*- Δ -11-*trans* isomérase, localisée sur l'enveloppe cellulaire de certaines bactéries du rumen. Par la suite, la double liaison Δ -*cis*-9 de l'acide C18:2 *cis*-9, *trans*-11 est prise en charge par la

Δ -9-*cis*-11-*trans* réductase pour produire le C18:1 *trans*-11. La biohydrogénation se termine par la saturation de la double liaison Δ -11-*trans*, ce qui conduit à l'obtention de C18:0 (acide stéarique) (Chouinard, 2005). Au cours de ce processus, une certaine proportion des intermédiaires peut échapper à l'action des microorganismes et quitter le rumen. Ainsi, une certaine proportion de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 et de C18:1 *trans*-11 peut être absorbée par l'animal puis être incorporée directement dans les matières grasses du lait (Chouinard, 2005).

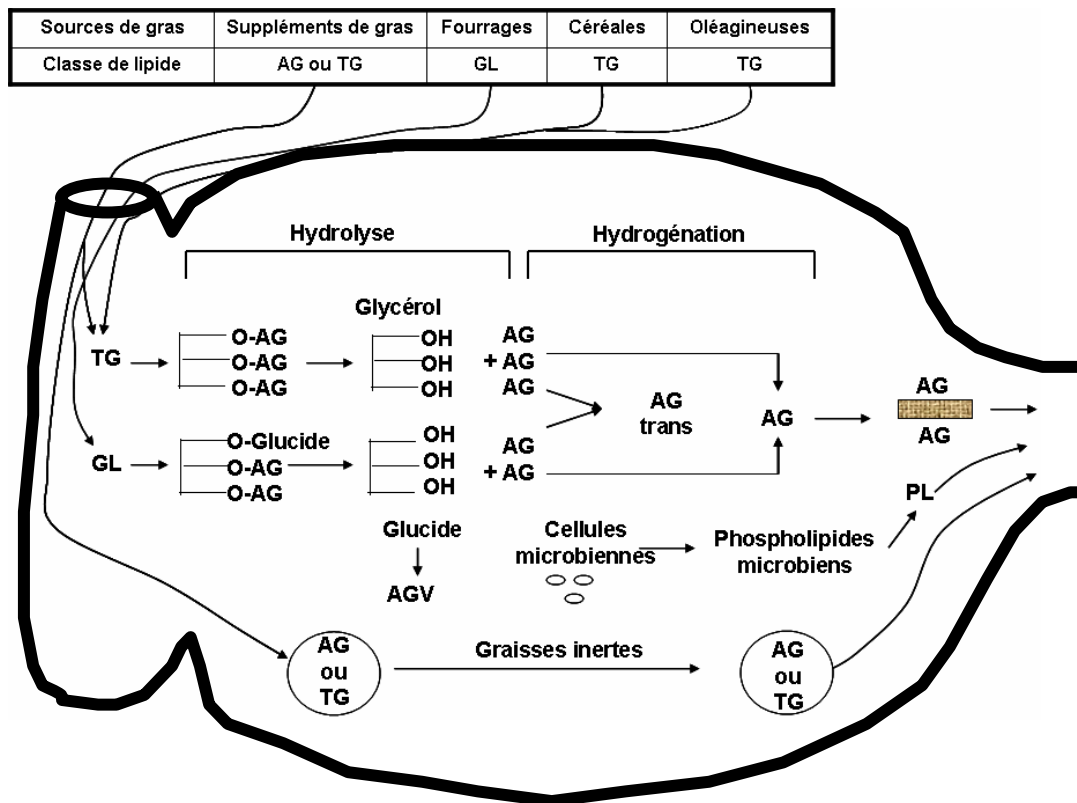


Figure 4: Digestion des graisses alimentaires dans le rumen. AG : acides gras, TG : triacylglycérols, GL : glycérols, AGV : acides gras volatils et PL : phospholipides (Chouinard, 2005).

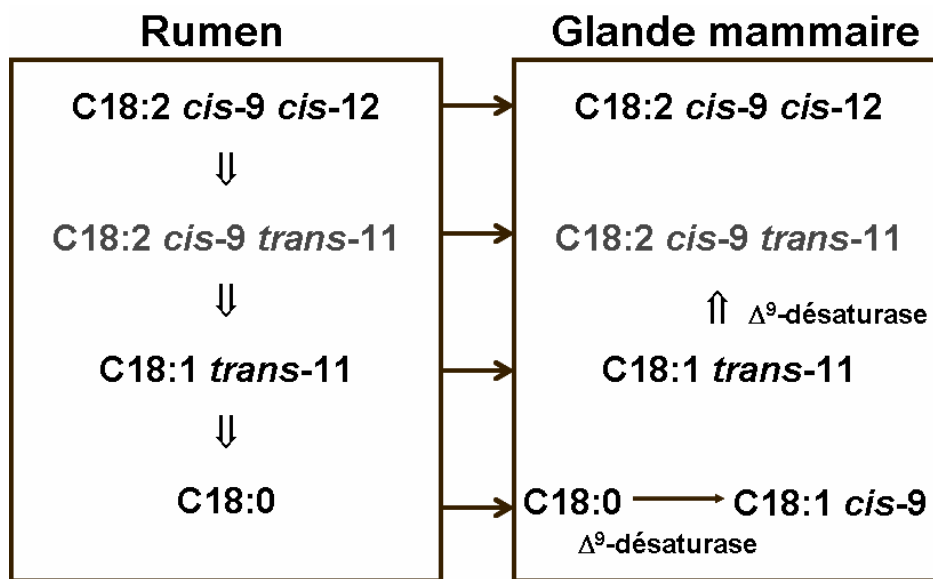


Figure 5: Biohydrogénation des acides gras insaturés par les microorganismes du rumen (Chouinard, 2005).

L'acide C18:2 *cis*-9, *trans*-11 peut aussi être produit directement dans la glande mammaire grâce à l'action de la Δ-9 désaturase. Cette enzyme agit sur le C18:0 en lui ajoutant une double liaison *cis* en position Δ-9 afin de former le C18:1 *cis*-9 (l'acide oléique). Ce dernier compte parmi les acides gras les plus importants en quantité dans les matières grasses du lait. L'enzyme impliquée dans ces réactions peut aussi agir sur le C18:1 *trans*-11 afin de former du C18:2 *cis*-9, *trans*-11 directement dans la glande mammaire (Chouinard, 2005). Il est important de préciser que l'ensemble de ce processus reste le même dans le cas où l'acide gras principalement apporté au rumen est le C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 au lieu du C18:2 *cis*-9, *cis*-12 tel que mentionné plus haut.

En tenant compte de ce processus biologique, il est possible d'influencer le profil lipidique du lait en agissant sur la composition des rations alimentaires. Apporter une ration plus riche en lipides permet de modifier la composition en acides gras du lait puisque le substrat des bactéries du rumen se voit modifié. Par contre, le rumen est perturbé si la ration contient plus de cinq pourcents de lipides sur une base matière sèche. Cette perturbation se traduit par une mauvaise fermentation dans le rumen.

Ce qui a pour conséquence de provoquer une mauvaise digestion des fibres, une modification du rapport acétate sur propionate et une diminution de la teneur en gras du lait (Chouinard, 2005).

2.3.1. L'acide C18:2 *cis*-9, *trans*-11

Tel que mentionné précédemment, l'acide C18:2 *cis*-9, *trans*-11 peut être formé de plusieurs façons dans l'organisme animal. Cet acide est tout d'abord formé directement, dans le rumen à partir du C18:2 *cis*-9, *cis*-12. Il peut aussi être formé dans la glande mammaire à partir du C18:1 *trans*-11 sous l'action de la Δ -9 désaturase (Chouinard, 2005). De plus, le C18:2 *cis*-9, *trans*-11 peut être formé dans le corps humain à partir du C18:1 *trans*-11. En fait, 19 % du C18:2 *cis*-9, *trans*-11 est formé à partir des quantités consommées de C18:1 *trans*-11 (Turpeinen et al., 2002).

Un intérêt tout particulier est apporté à cet acide puisqu'il aurait possiblement certaines propriétés bénéfiques pour la santé. L'effet le plus important se trouve au niveau de la prévention du cancer. Lock et al. (2004) ont réalisé une étude dans laquelle des rats étaient alimentés avec des rations supplémentées avec du C18:1 *trans*-11. Les résultats obtenus révèlent que les taux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans les tissus ont augmenté. Cette étude a clairement démontré que le C18:1 *trans*-11 et le C18:2 *cis*-9, *trans*-11 présents dans le lait possèdent des propriétés anti-cancérogènes. Par contre, lorsque la Δ -9 désaturase est inhibée, le C18:1 *trans*-11 ne montre plus d'effet anti-cancérogène (Lock et al., 2004). Alors, l'acide C18:1 *trans*-11 n'a pas de bénéfice direct sur la santé, mais il est le précurseur pour la formation du C18:2 *cis*-9, *trans*-11. C'est donc cet acide qui aurait des effets anti-cancérogènes. Par contre, il est encore nécessaire d'étudier plus en profondeur les effets du C18:2 *cis*-9, *trans*-11 avant de conclure sur les autres effets possibles de cet acide gras sur la santé. Puisque la population en général se soucie de plus en plus de sa santé, il devient avantageux de comprendre comment la concentration du C18:2 *cis*-9, *trans*-11 est influencée dans le lait. Alors, lorsque de plus amples études viendront appuyer l'effet de cet acide gras sur la santé, il sera possible de modifier facilement la composition du lait afin d'en faire un lait ayant de nouvelles propriétés.

3. MODIFIER LA COMPOSITION DES ACIDES GRAS *TRANS* DANS LE LAIT

De nos jours, la population en général est davantage conscientisée au maintien d'une bonne santé physique. Des chercheurs se sont donc penchés sur les différents moyens menant à la modification de la composition en gras *trans* du lait. Plusieurs manipulations de la composition des rations offertes aux ruminants, plus particulièrement aux vaches laitières, peuvent être considérées. En fait, il est possible d'apporter à la ration des vaches différentes sources de gras polyinsaturés, de substituer les apports en foin ou en ensilage par du pâturage et d'apporter un supplément de vitamine E afin de modifier la composition des matières grasses du lait.

3.1. Conditions nécessaires à la production des isomères C18:1 trans par le rumen

Une étude réalisée par Griinari et al. (1998) a permis d'éclaircir certains détails à propos de l'influence des différentes conditions requises à la production de l'acide C18:1 *trans*-11, l'acide gras *trans* principal du lait. Le but de leur étude était de découvrir le lien unissant la production de cet acide avec la disponibilité du substrat, les acides gras polyinsaturés dans le rumen, et l'altération des conditions ruminales qui mène à une biohydrogénation incomplète. Quatre différents traitements ont été étudiés faisant ainsi varier le niveau de fibres et le type de gras dans les rations. Deux rations étaient considérées à haute teneur en fibres, c'est-à-dire avec un ratio fourrage sur concentré de 50:50. L'une de ces rations était combinée avec de l'huile de maïs, afin d'ajouter une source d'acide gras insaturés, et l'autre était combinée avec du «Energy Booster», une source d'acides gras saturés. Deux autres rations, considérées à faible teneur en fibres avec un ratio fourrage sur concentré de 20:80, étaient combinées avec les mêmes suppléments d'acides gras. Les résultats obtenus pour ces quatre traitements démontrent bien que le type d'acides gras ajouté à la ration (saturé ou insaturé)

influence les niveaux d'acides gras produits par le rumen. La Figure six montre plus en détail les modifications de la composition en acides gras du lait qui peuvent être observées.

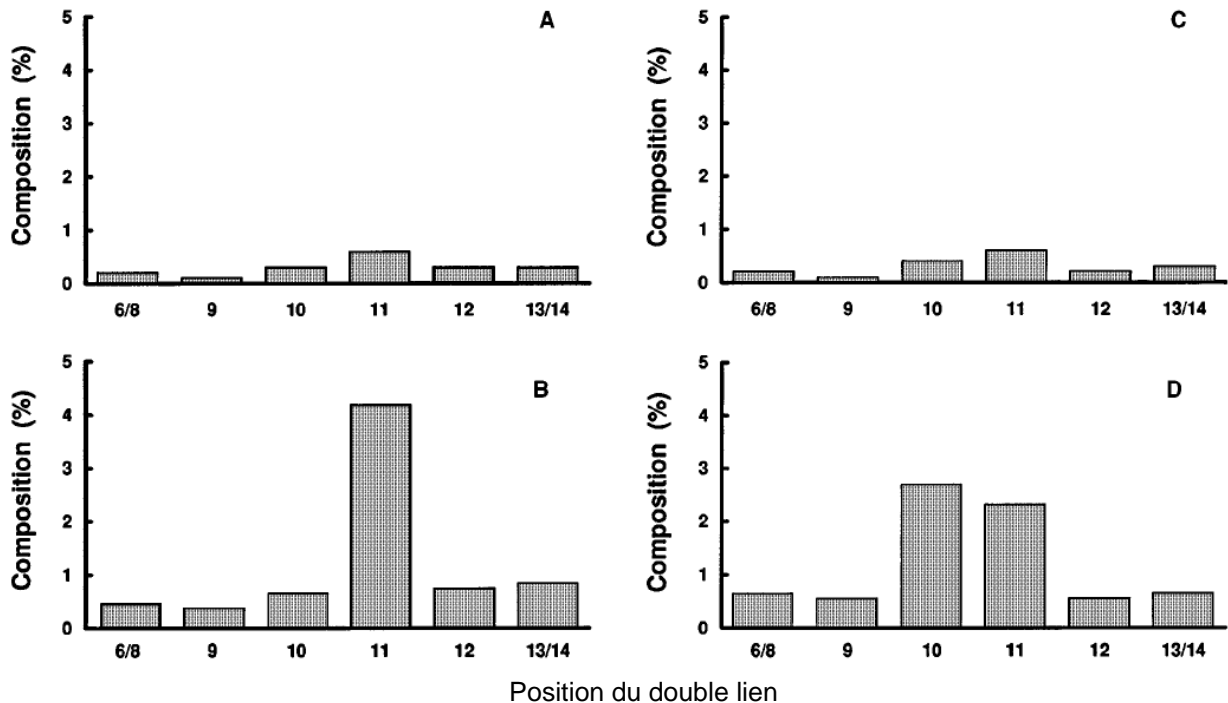


Figure 6: Effets de différents niveaux de fibres et du type des gras de la ration sur le profil des isomères C18:1 *trans* dans le gras du lait. A: ration riche en fibres avec un supplément de gras saturés. B: ration riche en fibres avec des gras insaturés. C: ration pauvre en fibres avec des gras saturés. D: ration pauvre en fibres avec des gras insaturés (tirée de Griinari et al., 1998).

Ces histogrammes (Figure six) permettent facilement de constater que les niveaux de fibres et le type de gras incorporé dans les rations ont des effets significatifs sur les niveaux des différents isomères *trans* à 18 carbones contenus dans le lait. Pour ce qui est des rations riches en fibres (A et B), il est évident que l'ajout de gras à la ration a une influence majeure sur les niveaux des différents types de gras C18:1 *trans* dans le lait. L'histogramme A montre le profil en acides gras d'une ration à haute teneur en fibres avec l'ajout de gras saturés. Ceci représente une situation « normale » telle que vue dans les fermes du Québec. Cette ration, haute en fibres supplémentée avec des gras saturés, conduit à l'obtention d'un profil en acides gras qui est plutôt commun. L'histogramme B présente le

profil en acides gras *trans* obtenu avec une ration riche en fibres contenant des gras insaturés. Cette ration offre le substrat nécessaire aux bactéries du rumen afin de leur permettre de produire beaucoup plus de C18:1 *trans*-11 qui sera par la suite incorporé dans les matières grasses du lait. La source de gras insaturés, pour cette ration, est l'huile de maïs. Cette huile est composée de 14 % de C16:0, deux pourcents de C18:0, 39 % de C18:1 et 44 % de C18:2. Ces gras insaturés sont hydrogénés dans le rumen afin de produire du C18:2 *cis*-9, *trans*-11, du C18:1 *trans*-11 et du C18:0 en suivant le processus de biohydrogénation conventionnel qui se produit dans le rumen. Alors, ajouter de l'huile de maïs à la ration favorise la formation de C18:1 *trans*-11 puisque cette huile fournit l'acide gras nécessaire afin d'initier le processus d'hydrogénation.

Les résultats présentés à la Figure six démontrent que les deux rations contenant de faibles niveaux de fibres offertes avec deux sources de gras différents (C et D) affectent les niveaux des gras C18:1 *trans* du lait. Le profil des différents types de C18:1 *trans* pour la ration à faible teneur en fibres et gras saturés est semblable au profil obtenu avec la ration à haute teneur en fibres et gras insaturés. Le supplément de gras saturés donné aux vaches, qui ont fourni les résultats de l'histogramme A et C, contient 47 % de C16:0, 36 % de C18:0, 14 % de C18:1 et un pourcent de C18:2. Le supplément de gras saturés ne fournit donc pas les précurseurs nécessaires aux bactéries du rumen afin de modifier la composition des C18:1 qu'elles produisent normalement. Par contre, en observant les résultats de l'analyse du lait pour les autres acides gras, on constate facilement que l'acide gras principal de l'«Energy Booster», le C16:0, se retrouve en plus grande quantité dans le lait des vaches recevant ce supplément que dans le lait des vaches qui ont reçu des rations supplémentées avec l'huile de maïs (voir Tableau un).

Pour la ration à faible niveau de fibres et supplémentée avec de l'huile de maïs comme source de gras insaturés, il est aussi possible de constater que les gras C18:1 *trans*-10 et C18:1 *trans*-11 sont produits en plus grande quantité (Figure quatre). Les vaches qui reçoivent ces rations reçoivent une importante quantité de concentrés. Leur rumen est alors perturbé puisqu'une trop grande quantité de concentrés initie une fermentation trop rapide dans le rumen, ce qui contribue à faire chuter le pH. Par contre, comparativement à l'histogramme C, les données de l'histogramme D montrent que les niveaux de gras C18:1 *trans*-10 et C18:1 *trans*-11 sont nettement plus élevés. Ceci prouve qu'une ration contenant une faible teneur en fibres n'est pas suffisante pour modifier la composition des acides gras *trans* produits. Le rumen doit avoir le substrat nécessaire afin de produire des acides gras *trans*. En fait, pour les rations pauvres en fibres, le processus de biohydrogénation qui se produit

dans le rumen de ces vaches n'est pas conventionnel. Puisque le pH est modifié par une trop grande quantité de concentrés et un manque de fibres, les bactéries initialement présentes sont inhibées et d'autres bactéries agissent pour former du C18:2 *trans*-10, *cis*-12 à partir du C18:2 *cis*-9, *cis*-12. Par la suite, le C18:2 *trans*-10, *cis*-12 est hydrogéné en C18:1 *trans*-10 puis en C18:0. Ceci explique que, comme la source de gras insaturés apporte une plus grande quantité de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 au rumen, le C18:1 *trans*-10 est produit en plus grande quantité.

De plus, lorsque le rumen est perturbé, les bactéries transformant le C18:2 *cis*-9, *cis*-12 en acide C18:2 *cis*-9, *trans*-11 sont inhibées. Alors, les rations pauvres en fibres présentent des teneurs en acide linoléique conjugué plus faibles que les rations riches en fibres. Ceci est d'autant plus marqué lorsque l'ajout de gras se fait sous forme de gras insaturés.

Tableau 1: Effet du niveau de fibres et du type de gras ajouté à la ration sur la composition en acides gras du lait (adapté de Griinari et al., 1998).

Profil	Ration				Contraste		
	HF+AGS	HF+AGI	FF+AGS	FF+AGI	Fibre	Gras	Interaction
	(g/100g d'acide gras)				P		
C4 à C14	22,0	19,9	23,3	20,9	NS ²	*	NS
C16:0	32,3	19,7	34,0	22,6	NS	***	NS
C18:0	10,0	14,5	8,5	10,1	†	†	NS
C18:1	23,1	33,9	21,7	31,4	NS	***	NS
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,35	1,98	0,33	1,10	***	***	†
C18:2	1,65	2,13	1,78	4,03	*	*	†
C18:3	0,30	0,23	0,18	0,20	NS	NS	†

Les rations HF (haute en fibres) ont un rapport fourrage:concentré de 50:50. Les rations FF (faibles en fibre) ont un rapport fourrage:concentré de 20:80. Les rations ont été supplémentées avec du gras saturés (AGS) et insaturés (AGI).

CLA:acide linoléique conjugué

NS:non significatif

NS²> 0,1

†:P< 0,10

*:P< 0,05

***:P< 0,001

De l'autre côté, l'ajout d'huile de maïs à une ration riche en fibres augmente significativement les niveaux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (voir Tableau un). Il est aussi possible de remarquer que les niveaux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 sont corrélés avec ceux de C18:1 *trans*-11. C'est-à-dire que,

lorsque l'acide C18:1 *trans*-11 est présent en grande quantité, l'acide C18:2 *cis*-9, *trans*-11 est aussi présent en grande quantité dans les matières grasses du lait. Ceci est tout à fait logique puisque, comme mentionné précédemment, le C18:1 *trans*-11 peut être désaturé en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 suite à l'action de la Δ -9 désaturase à la fois chez la vache et chez l'humain.

Alors, cette étude permet de constater que l'ajout de gras polyinsaturés, peu importe le niveau de fibres contenu dans la ration, contribue à augmenter la production de C18:1 *trans*-11 par le rumen. Pour les rations à faible teneur en fibres, le profil en C18:1 *trans* est modifié seulement si la source de gras ajoutée à la ration fournit les acides gras nécessaires aux bactéries du rumen.

3.2. Rations riches en concentrés avec des huiles polyinsaturées de poissons, lin et tournesol

Plusieurs études, comparables à la précédente, ont démontrés que la nature des suppléments d'acides gras polyinsaturés ajoutés à une ration riche en concentrés a des effets sur les niveaux d'acides gras produits dans le lait. En fait, plusieurs conditions contribuent à altérer le profil et le niveau des intermédiaires d'hydrogénation produits dans le rumen et subséquemment disponibles pour la sécrétion d'acides gras dans le lait.

Loor et ses collaborateurs (2005) se sont penchés sur ce phénomène. Ils ont réalisé une étude avec trois vaches Holstein afin de découvrir l'effet d'une ration riche en concentrés avec différentes sources d'acides gras polyinsaturés sur la synthèse des acides gras. L'influence de ces paramètres a été étudiée sur le processus de biohydrogénation dans le rumen et sur la composition des gras dans le liquide ruminal, dans le sang et dans le lait. Pour réaliser cette expérience, ils ont utilisé une ration avec 65 % de concentrés et 35 % de fourrages. Chacune des vaches a reçu cette ration de base à laquelle ils ont combiné soit cinq pourcents d'huile de tournesols, cinq pourcents d'huile de lin ou 2,5 % d'huile de poissons. En fait, faire varier les sources d'acides gras polyinsaturés a permis d'apporter aux rations des vaches différents types d'acides gras. L'huile de poissons a permis d'apporter 20 % du gras ajouté sous forme de C20:5, n-3 (acide eicosapentaénoïque) et sept pourcents de C22:6, n-3 (acide docosahexaénoïque). L'huile de lin a permis d'apporter 51 % du gras ajouté sous forme de C18:3, n-3 (acide α -linoléique) et l'huile de tournesols a permis d'avoir une

ration supplémentée avec 69 % de C18:2, n-6 (acide linoléique). L'analyse des données recueillies pour les niveaux de gras *trans* C18:1 dans le lait de ces vaches est présentée à la Figure sept.

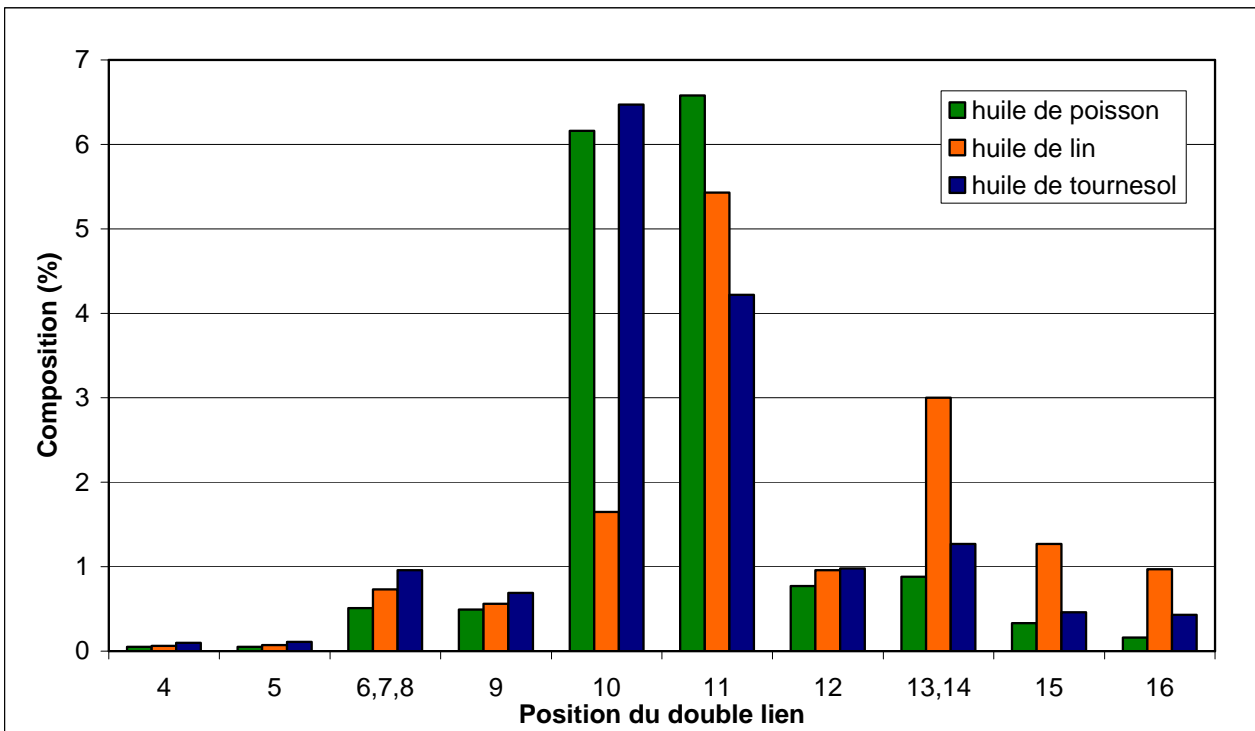


Figure 7: Composition des différents isomères *trans* des gras à 18 carbones et à une seule insaturation dans le lait lorsque les vaches sont alimentées avec de l'huile de poissons, de lin ou de tournesols dans leur rations (adaptée de Loor et al., 2005). Les données concernant les acides avec leur double lien en position 6+7+8, 9, 10, 13+14, 15 et 16 sont toutes différentes significativement ($p < 0,05$). Pour les données avec les insaturations aux positions 6+7+8 et 9, le traitement à l'huile de poissons est différent significativement du traitement à l'huile de tournesol. Ces deux traitements sont semblables au traitement à l'huile de lin. Pour les données avec les insaturations en position 10, 13+14 et 15, seule le traitement à l'huile de lin est différent significativement. Pour les données avec l'insaturation en position 16, les trois traitements sont différents significativement.

L'ajout d'huile de poissons a permis d'augmenter significativement les niveaux de C18:1 *trans*-10 et de C18:1 *trans*-11. L'augmentation de ces acides gras *trans* est tout à fait explicable. En fait, lors du processus de biohydrogénation, l'huile de poissons est reconnue pour inhiber la réaction d'hydrogénation qui permet aux bactéries du rumen de transformer le C18:1 *trans*-11 en C18:0. Alors, les niveaux de cet acide augmentent dans le liquide ruminal, dans le sang et, par conséquent, dans le lait. Pour ce qui est du C18:1 *trans*-10, puisque le processus de biohydrogénation est saturé par l'intervention de l'huile de poissons et que les rations données aux vaches contiennent assez de glucides fermentescibles pour faire baisser légèrement le pH, il est possible que les bactéries prédominantes lorsque le rumen est perturbé produisent plus de C18:1 *trans*-10. Les acides gras principalement apportés par l'huile de poissons à la ration, le C20:5 n-3 et le C22:6 n-3, se

retrouvent en plus grande quantité dans le liquide ruminal et, par conséquent, dans le lait (voir tableaux 2 et 3 ci-dessous). Il est aussi possible de remarquer que la quantité de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le fluide ruminal est semblable pour les traitements à l'huile de poissons et à l'huile de lin. Par contre, le niveau de cet acide gras conjugué est plus faible pour la ration supplémentée avec de l'huile de tournesols. Il est à noter que les niveaux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans les matières grasses du lait ne sont pas significativement différents.

Tableau 2: Pourcentages des acides gras sélectionnés dans le fluide ruminal des vaches alimentées avec une ration à haute teneur en concentrés supplémentée avec 2,5 % d'huile de poissons (HP), cinq pourcents d'huile de lin (HL), ou cinq pourcents d'huile de tournesols (HT) (adapté de Loor et al., 2005).

Acide gras	Supplément			P =
	HP	HL	HT	
	g/100 g d'acide gras total			
C16:0	24,5 ^a	13,9 ^c	17,5 ^b	0,001
C18:0	11,9 ^b	25,6 ^a	24,3 ^a	0,001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	3,65 ^b	3,36 ^b	9,48 ^a	0,05
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,73 ^b	0,70 ^b	1,46 ^a	0,04
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	2,93 ^b	8,56 ^a	0,95 ^c	0,001
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	1,20 ^b	2,46 ^a	0,88 ^c	0,04
C20:5 n-3	1,77 ^a	0,01 ^b	0,10 ^b	0,001
C22:6 n-3	0,86 ^a	0,04 ^b	0,12 ^b	0,001

^{a,b,c} Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil P < 0,05.

Tableau 3: Pourcentages de certains acides gras contenus dans le lait des vaches alimentées avec une ration à haute teneur en concentrés supplémentée avec 2,5 % d'huile de poissons (HP), cinq pourcents d'huile de lin (HL), ou cinq pourcents d'huile de tournesols (HT) (adapté de Loor et al., 2005).

Acide gras	Supplément			P =
	HP	HL	HT	
	g/100 g d'acide gras total			
C16:0	27,5 ^a	20,7 ^b	21,2 ^b	0,05
C18:0	3,49 ^b	10,1 ^a	11,2 ^a	0,03
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	1,64 ^b	2,10 ^b	3,57 ^a	0,01
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	2,29	2,36	1,83	0,26
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	1,75 ^b	2,87 ^a	0,41 ^c	0,01
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,60 ^b	1,18 ^a	0,66 ^b	0,01
C20:5 n-3	0,48 ^a	0,03 ^b	0,07 ^b	0,03
C22:6 n-3	0,19 ^a	0,04 ^b	0,06 ^b	0,05

^{a,b,c} Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil P < 0,05.

L'ajout d'huile de lin à la ration des vaches laitières contribue à faire augmenter significativement les niveaux de C18:1 *trans*-11 et de C18:1 *trans*-13 et 14 dans le lait. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que l'huile de lin n'apporte pas les mêmes types d'acides gras insaturés que l'huile de poissons ou l'huile de tournesols. L'huile de lin se compose principalement de C18:3, *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15. Dans le rumen, l'huile de lin n'est donc pas biohydrogénée de la même façon que les huiles qui contiennent principalement du C18:2 *cis*-9, *cis*-12. Dans le rumen, le C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 est hydrogéné afin de produire successivement du C18:3 *cis*-9, *trans*-11, *cis*-15, du C18:2 *trans*-11, *cis*-15, du C18:1 *trans*-11 et finalement du C18:0. Ce processus d'hydrogénation explique que, lorsque des vaches sont alimentées avec de l'huile de lin, les niveaux de C18:1 *trans*-11 et de C18:2 *trans*-11, *cis*-15 soient élevés. Par contre, le niveau de C18:1 *trans*-11 n'est pas aussi élevé que lorsque les vaches sont alimentées avec de l'huile de poissons tout simplement parce que l'huile de lin ne vient pas moduler les différentes étapes de l'hydrogénation qui se produisent dans le rumen. Pour ce qui est des niveaux de C18:1 *trans*-13 et 14, ils s'expliquent par le substrat principal apporté par l'ajout d'huile de lin à la ration qui favorise un sentier d'hydrogénation ce qui permet de former une plus grande quantité ces acides gras qui sont par la suite incorporés dans les matières grasses du lait.

Pour ce qui est des vaches alimentées avec de l'huile de tournesols, il est possible de constater que le niveau de C18:1 *trans*-11 est le plus bas des trois traitements étudiés. Par contre, le niveau de C18:1 *trans*-10 est significativement supérieur avec l'ajout d'huile de tournesols à la ration. Cette huile se compose principalement de C18:2 n-6, c'est-à-dire de C18:2 *cis*-9, *cis*-12. On observe d'ailleurs que les niveaux de cet acide gras (C18:2 *cis*-9, *cis*-12) sont plus élevés dans le fluide ruminal et dans le lait des vaches alimentées avec une ration supplémentée avec de l'huile de tournesols, comparativement aux autres huiles (voir Tableau deux et trois). Alors, le processus de biohydrogénation se produisant dans un rumen qui a reçu de l'huile de tournesols est le même que pour l'huile de maïs ou tout autre substrat qui contient majoritairement du C18:2 *cis*-9, *cis*-12. L'augmentation marquée du C18:1 *trans*-10 peut être expliquée par le fait que la ration donnée à ces vaches était riche en concentrés. Un surplus de concentrés a pu, comme dans les cas précédents, perturber le pH du rumen et favoriser la voie d'hydrogénation qui transforme le C18:2 *cis*-9, *cis*-12 en C18:2 *trans*-10, *cis*-12, en C18:1 *trans*-10 puis en C18:0. Dans le lait, les niveaux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 viennent appuyer cette hypothèse. Par contre, dans le fluide ruminal, il y a production de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 en plus grande quantité, comparativement aux deux autres

rations. Ceci peut être expliqué par le fait que, dans la glande mammaire, le C18:2 *cis*-9, *trans*-11 et le C18:2 *trans*-10, *cis*-12 sont des inhibiteurs de la réaction qui permet à la Δ -9 désaturase de transformer le C18:1 *trans*-11 en C18:2 *cis*-9, *trans*-11. Alors, lorsque la quantité de ces deux acides gras est trop importante, la Δ -9 désaturase est inhibée. La proportion de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 qui se retrouve dans le lait provient alors majoritairement des réactions d'hydrogénations qui ont lieu dans le rumen.

Cette étude montre bien que les résultats diffèrent selon le type d'huile supplémentée dans la ration. Tout dépendant des niveaux de gras *trans* qu'il est nécessaire de privilégier, l'huile de poissons, de lin ou de tournesols offrent des alternatives intéressantes.

3.3. Effet de l'huile de poissons sur les acides C18:1 *trans*-11 et C18:2 *cis*-9, *trans*-11

Les données de l'étude précédente montrent que l'huile de poissons est la plus efficace pour augmenter la teneur en C18:1 *trans*-11 dans le lait. En considérant que le C18:1 *trans*-11 peut être transformé en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 chez les mammifères sous l'action de la Δ -9 désaturase, les vaches et les humains peuvent donc synthétiser cet acide. Ce processus revêt une certaine importance puisque l'acide C18:2 *cis*-9, *trans*-11 aurait possiblement des propriétés anticarcinogènes (Lock et al., 2004).

Différentes études montrent que l'huile de poissons augmente de façon importante et soutenue les taux de C18:1 *trans*-11 et de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait et dans les différents produits du lait (Donovan et al., 2000; Chouinard et al., 2001). Donovan et al. (2000) ont constaté que des rations avec des teneurs en huile de poissons supérieures à deux pourcents ne permettaient pas d'augmenter davantage les teneurs en C18:1 *trans*-11 et en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait. D'autres auteurs ont aussi abordé la question et ont découvert que ce n'est pas la quantité de précurseur de ces acides présent dans l'huile qui permet d'augmenter les concentrations de C18:1 *trans*-11 et de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 de façon si prononcée (Shingfield et al., 2003 cité par Whitlock et al., 2006). Les données obtenus par AbuGhaleh et Jenkins (2004) suggèrent que l'effet de l'huile de poissons sur les niveaux de C18:1 *trans*-11 et de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait serait dû à la présence de C22:6 n-3 dans l'huile de poissons. Par contre, il est reconnu que de trop grandes teneurs en huile de poissons dans la ration des vaches altèrent la consommation volontaire de matière sèche, la

production de lait et la concentration en matières grasses du lait (Donovan et al., 2000 et Chouinard et al., 2001).

L'étude réalisée par AbuGhaleh et al. (2000) avait pour objectif de déterminer l'effet sur les acides gras contenus dans le fluide ruminal et dans le lait des vaches alimentées avec de l'huile de poissons, du soya extrudé ou un mélange de ces deux composantes. Afin de réaliser cette expérience, ils ont alimenté quatre vaches (deux Holstein et deux Suisse Brune) avec une ration de fourrage et de concentré dans une proportion de 50:50. Le fourrage était composé de 50 % de foin de luzerne et de 50 % d'ensilage de maïs. La ration témoin de cette expérience ne contenait pas de supplément d'acide gras. La ration contenant de l'huile de poissons (HP) était supplémentée avec deux pourcents de cette huile. La ration contenant du soya extrudé (SE) était supplémentée avec deux pourcents de gras provenant de ce soya. Finalement, la ration contenant à la fois de l'huile de poissons et du gras provenant du soya extrudé (HP+SE) contenait un pourcent d'huile de poissons et un pourcent de gras provenant du soya extrudé. Les résultats de cette étude sont présentés à la Figure huit et aux Tableaux quatre et cinq.

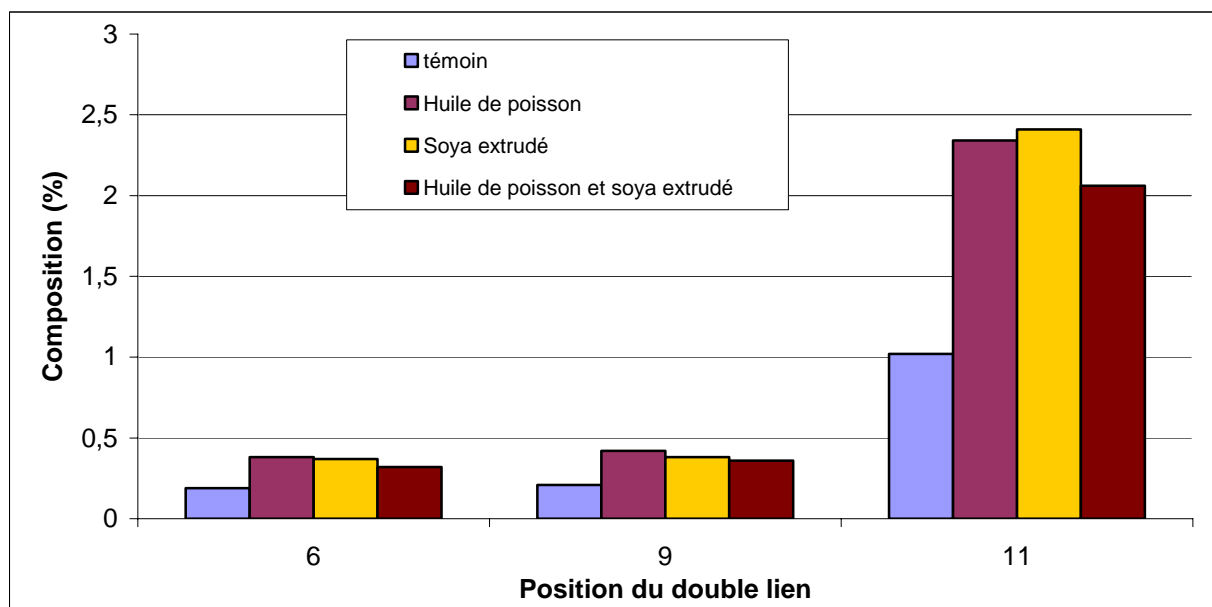


Figure 8: Composition des isomères *trans* d'acides gras à 18 carbones contenu dans le lait des vaches alimentées avec une ration à 50 % de fourrage et supplémentée avec de l'huile de poissons, du soya extrudé ou un mélange de ces deux éléments (adaptée de AbuGhaleh et al., 2002). Seules les données de la ration témoin comparées avec les autres rations sont différentes significativement ($P = 0,01$).

La Figure huit montre que supplémenter une ration avec de l'huile de poissons ou du soya extrudé contribue à augmenter la teneur en C18:1 *trans*-11 dans le lait. Cet acide gras est augmenté de

129 % pour la ration supplémentée avec de l'huile de poissons, de 136 % pour la ration supplémentée avec du soya extrudé et de 102 % pour la ration qui est supplémentée à la fois avec l'huile de poissons et le soya extrudé comparativement à la ration témoin Il est possible de remarquer que la ration qui apporte à la fois l'huile de poissons et le soya extrudé ne donne pas une plus forte teneur en C18:1 *trans*-11.

Tableau 4: Pourcentages des acides gras sélectionnés dans le fluide ruminal des vaches alimentées avec une ration contenant 50 % de fourrages supplémentée avec deux pourcents d'huile de poissons (HP), deux pourcents de gras provenant du soya extrudé (SE) ou un mélange de un pourcent d'huile de poissons et de un pourcent de gras de soya extrudé (HP+SE) (adapté de AbuGhaleh et al., 2002).

Acide gras	Ration				Contraste		
	Témoin	HP	SE	HP+SE	1	2	3
	g/100g d'acides gras				P =		
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	15,07	9,12	10,71	9,31	0,01	0,11	0,44
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,09	0,26	0,18	0,21	0,01	0,01	0,59
C20:5 n-3	0,15	0,72	0,14	0,41	0,01	0,01	0,67
C22:6 n-3	0,01	0,47	0,02	0,29	0,01	0,01	0,47

Contraste 1: comparaison entre la ration témoin et les autres rations;

Contraste 2: comparaison entre la ration supplémentée avec de l'huile de poissons et celle contenant du soya extrudé;

Contraste 3: comparaison entre les rations contenant de l'huile de poissons et du soya extrudé et celle qui contient à la fois l'huile de poissons et le soya extrudé.

Tableau 5: Pourcentages des acides gras sélectionnés dans le lait des vaches alimentées avec une ration contenant 50 % de fourrages supplémentée avec deux pourcents d'huile de poissons (HP), deux pourcents de gras provenant du soya extrudé (SE) ou un mélange de un pourcent d'huile de poissons et de un pourcent de gras de soya extrudé (HP+SE) (adapté de AbuGhaleh et al., 2002).

Acide gras	Ration				Contraste		
	Témoin	HP	SE	HP+SE	1	2	3
	g/100g d'acides gras				P =		
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	2,61	2,20	4,52	3,49	0,01	0,01	0,46
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,40	0,88	0,87	0,80	0,01	0,91	0,31
C20:5 n-3	0,05	0,24	0,05	0,16	0,01	0,01	0,45
C22:6 n-3	0,04	0,26	0,04	0,15	0,01	0,01	0,85

Contraste 1: comparaison entre la ration témoin et les autres rations;

Contraste 2: comparaison entre la ration supplémentée avec de l'huile de poissons et celle contenant du soya extrudé;

Contraste 3: comparaison entre les rations contenant de l'huile de poissons et du soya extrudé et celle qui contient à la fois l'huile de poissons et le soya extrudé.

En fait, des trois rations étudiées, aucune n'est différente significativement des autres. Certains auteurs ont tout de même mis en évidence une interaction entre la race des vaches et la composition du lait. Whitlock et al., (2002) cité par AbuGhaleh et al. (2000), ont rapporté que le lait des Suisses Brunes contient, en soi, plus de C18:2 *cis*-9, *trans*-11, et conséquemment de C18:1 *trans*-11, que les lait des vaches Holstein lorsque les données sont comparées pour les rations témoins. De plus, les Suisse Brunes sont moins réceptives aux manipulations des rations comparativement aux Holstein. Puisque tous les traitements ont donné une même production de lait, la production journalière de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 a augmenté pour toutes les rations supplémentées comparativement à la ration témoin.

Les Tableaux quatre et cinq montrent les données concernant quelques acides gras contenus dans le fluide ruminal et le lait. Il est possible de remarquer, à la lumière de ces données, que les niveaux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 sont plus élevés pour les trois traitements que pour la ration témoin et ce à la fois dans le fluide ruminal et le lait. En fait, le niveau de cet acide gras dans le lait a augmenté respectivement de 120, 118 et 100 % pour les rations supplémentées avec l'huile de poissons, le soya extrudé et le mélange de ces deux sources de gras, comparativement à la ration témoin.

Telle que vu précédemment, l'huile de poissons apporte du C20:5 n-3 et du C22:6 n-3 au rumen. C'est ce qui explique que les niveaux des ces acides gras sont plus élevés dans le fluide ruminal et dans le lait lorsque les vaches reçoivent ce supplément, comparativement aux autres rations. De plus, le fluide ruminal, des vaches alimentées avec la ration apportant à la fois de l'huile de poissons et du soya extrudé, contient des niveaux intermédiaires de ces mêmes acides gras. Le soya extrudé apporte du C18:2 *cis*-9, *cis*-12 au rumen. Par conséquent, le niveau de cet acide gras est, de la même façon que précédemment, plus élevé dans le fluide ruminal et le lait des vaches qui en ont dans leur alimentation.

Suite à cette expérience et en considérant les effets négatifs occasionnés par un trop grand apport d'huile de poissons dans la ration des vaches laitières, Whitlock et al. (2006) ont émis l'hypothèse que la combinaison de l'huile de poissons avec une source de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 (acide linoléique) pourrait permettre d'augmenter les concentrations de C18:1 *trans*-11 et de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait. L'objectif de leur étude était de déterminer la plus faible concentration d'huile de poissons pouvant être ajoutée à la ration en combinaison avec une source à teneur élevée en C18:2 *cis*-9, *cis*-12 (soya extrudé) qui maximiserait les concentrations en C18:1 *trans*-11 et en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait.

Afin de réaliser cette expérience, ils ont formulé trois rations avec différents teneurs en huile de poissons et en soya extrudé et une ration témoin pour pouvoir comparer les résultats. La ration témoin ne contient pas de gras ajoutés et, les trois autres rations sont supplémentées avec deux pourcents de gras chacune. La ration considérée à faible teneur en huile de poissons (FHP) contenait 0,33 % d'huile de poisson et 1,67 % de gras provenant du soya extrudé. La ration considérée à teneur moyenne en huile de poissons (MHP) contenait 0,67 % d'huile de poissons et 1,33 % de gras de soya extrudé et la ration considérée à haute teneur en huile de poissons (ÉHP) contenait un pourcent d'huile de poissons et un pourcent de gras de soya extrudé. Les principaux résultats sont résumés à la Figure neuf et le Tableau six.

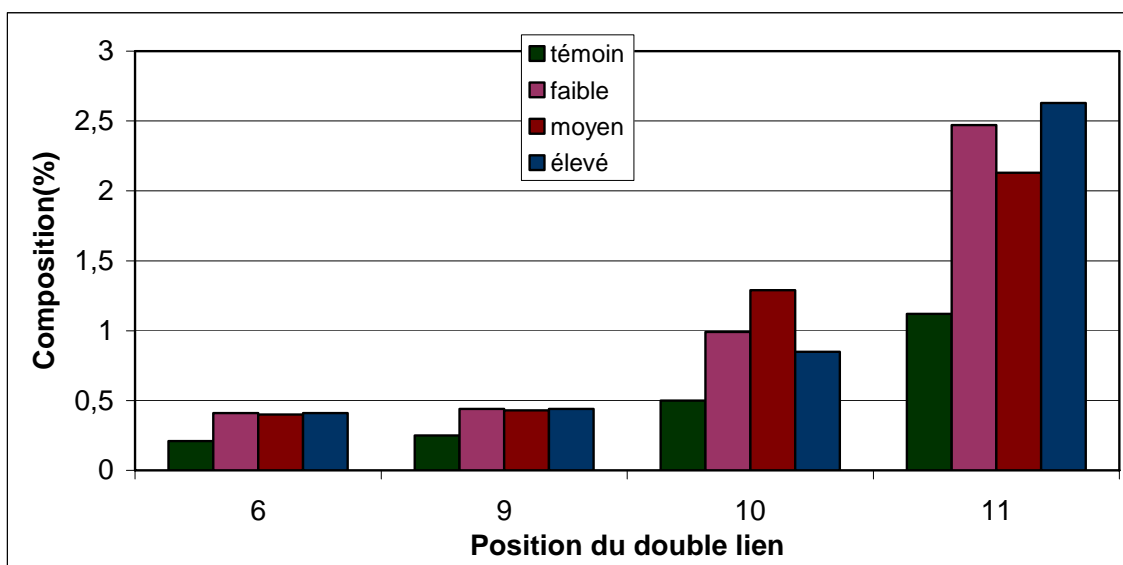


Figure 9: Composition des isomères *trans* du lait de vaches alimentées avec une ration supplémentée avec différentes proportions d'huile de poissons et de gras provenant du soya extrudé (adaptée de Whitlock et al., 2006). La ration témoin ne contenait aucun supplément d'huile de poissons. La ration considérée à faible teneur en huile de poissons (FHP) contenait 0,33 % d'huile de poisson et 1,67 % de gras provenant du soya extrudé. La ration considérée à teneur moyenne en huile de poissons (MHP) contenait 0,67 % d'huile de poissons et 1,33 % de gras de soya extrudé et la ration considérée à haute teneur en huile de poissons (ÉHP) contenait un pourcent d'huile de poissons et un pourcent de gras de soya extrudé. Les résultats obtenus avec la ration témoin comparés avec les trois autres rations à teneur variables en huile de poissons sont significativement différents ($P < 0,01$). Pour ce qui est des résultats du C18:1 *trans*-11 les données concernant les teneurs moyennes et élevées en huile de poissons sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Les résultats présentés à la Figure neuf montrent que, pour les trois traitements, les concentrations en acide C18:1 *trans*-11 sont plus élevées comparativement à la concentration de la ration témoin. Les résultats montrent aussi que les vaches alimentées avec les rations FHP et ÉHP ont produit des

niveaux similaires d'acide C18:1 *trans*-11. Par contre, les vaches alimentées avec la ration ÉHP ont produit des niveaux de C18:1 *trans*-11 significativement supérieurs aux vaches alimentées avec la ration contenant MHP. En fait, l'ajout de gras provenant du soya, riche en C18:2 *cis*-9, *cis*-12, à une ration qui contient de l'huile de poissons, a pour but de fournir l'acide gras principalement utilisé par les bactéries du rumen tout en inhibant, via l'huile de poissons, la réaction qui transforme le C18:1 *trans*-11 en C18:0. Ainsi, il y aura une plus grande accumulation de C18:1 *trans*-11 dans le rumen qui sera inévitablement absorbée et captée par la glande mammaire. Ce processus permet aussi de former une plus grande quantité de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans la glande mammaire puisque le C18:1 *trans*-11 peut y être désaturé en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 par la Δ -9 désaturase.

Les résultats présentés au Tableau six montrent que la concentration de l'acide gras C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait augmente significativement avec l'addition d'un supplément de gras dans les rations. Par contre, la concentration de cet acide gras n'est pas significativement différente pour les différentes combinaisons de teneurs en huile de poissons et en soya extrudé. Ces résultats démontrent bien qu'il n'est pas nécessaire d'en ajouter plus afin de maximiser la concentration de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait. Le Tableau six montre également que les niveaux de C20:5 n-3 et de C22:6 n-3 augmentent graduellement tandis que le niveau de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 diminue graduellement pour les rations allant de faible teneur à haute teneur en huile de poissons.

Tableau 6: Teneur de quelques acides gras contenus dans le lait des vaches recevant des rations supplémentées avec différentes teneurs en huile de poissons et en soya extrudé (adapté de Whitlock et al., 2006).

Acide gras	Ration				Contraste		
	Contrôle	FHP	MHP	HHP	FO	Linéaire	Quadratique
	g/100g d'acides gras						
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	2,85	3,41	3,10	3,15	<0,01	0,07	0,15
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,55	1,17	1,03	1,19	<0,01	0,85	0,11
C20:5 n-3	0,06	0,07	0,07	0,10	0,19	<0,01	0,02
C22:6 n-3	0,04	0,06	0,06	0,09	0,01	<0,01	0,04

La ration considérée comme faible en huile de poissons (FHP) contenait 0,33 % d'huile de poisson et 1,67 % de gras provenant du soya extrudé. La ration considérée à teneur moyenne en huile de poissons (MHP) contenait 0,67 % d'huile de poissons et 1,33 % de gras de soya extrudé et la ration considérée à haute teneur en huile de poissons (HHP) contenait un pourcent d'huile de poissons et un pourcent de gras de soya extrudé. FO : comparaison entre les données du témoin et les données des trois différents traitements contenant de l'huile de poissons à des proportions différentes.

Cette étude fait bien ressortir que, d'alimenter des vaches avec une ration contenant un faible niveau d'huile de poissons combiné avec une source de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 telle que le soya extrudé, augmente les niveaux de C18:1 *trans*-11 et de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait sans causer de diminution de la consommation volontaire de matière sèche et de baisse de production du lait. Puisque l'augmentation des acides gras C18:1 *trans*-11 et C18:2 *cis*-9, *trans*-11 est similaire peu importe la concentration de la ration en huile de poissons, il est possible de conclure que seulement une petite quantité d'huile de poissons est nécessaire (aussi peu que 0,33 %) afin d'augmenter considérablement les concentrations de C18:1 *trans*-11 et de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait.

3.4. Persistance de la modification du profil d'acide gras

Les études présentées précédemment montrent des moyens afin de modifier la composition en acide gras du lait. Toutes ces études avaient pour but d'apporter des pistes de solutions afin de faire un lait qui aurait différentes propriétés intéressantes pour la santé. Différentes stratégies, telles que l'ajout d'huile de poissons seule ou en combinaison avec d'autres substrats, ont été étudiées. Par contre, dans la plupart de ces études, il y a une variation importante dans les réponses obtenues. Une partie de cette variation peut être expliquée par le fait que le rumen doit prendre un certain temps pour s'adapter à une augmentation du niveau de gras dans la ration. Dans tous les cas, augmenter la teneur en lipides d'une ration provoque une certaine perturbation du rumen et mène à la formation d'intermédiaires de biohydrogénation bien spécifiques (Shingfield, K.J., 2006). En ce sens, plusieurs études ont démontré que les niveaux d'acides linoléiques conjugués ainsi produits diminuaient dans le temps.

Shingfield et al. (2006) se sont intéressés à ce phénomène. Ils ont émis l'hypothèse que, suite à l'adaptation du rumen à une nouvelle concentration en lipides qui cause une variation importante de la composition en acides gras du lait, la concentration en d'acides linoléiques conjugués pourrait se stabiliser et même augmenter. Pour tester cette hypothèse, ils ont alimenté un groupe de 16 vaches Holstein avec une ration à base d'ensilage de maïs et de concentrés dans une proportion de 60:40 sur une base matière sèche. Cette ration a été supplémentée avec aucun (pour la ration témoin) et 45 g par kg de matière sèche d'un mélange 1:2 d'huile de poissons et d'huile de tournesols. Différents résultats de cette étude sont présentés aux Figures dix et 11.

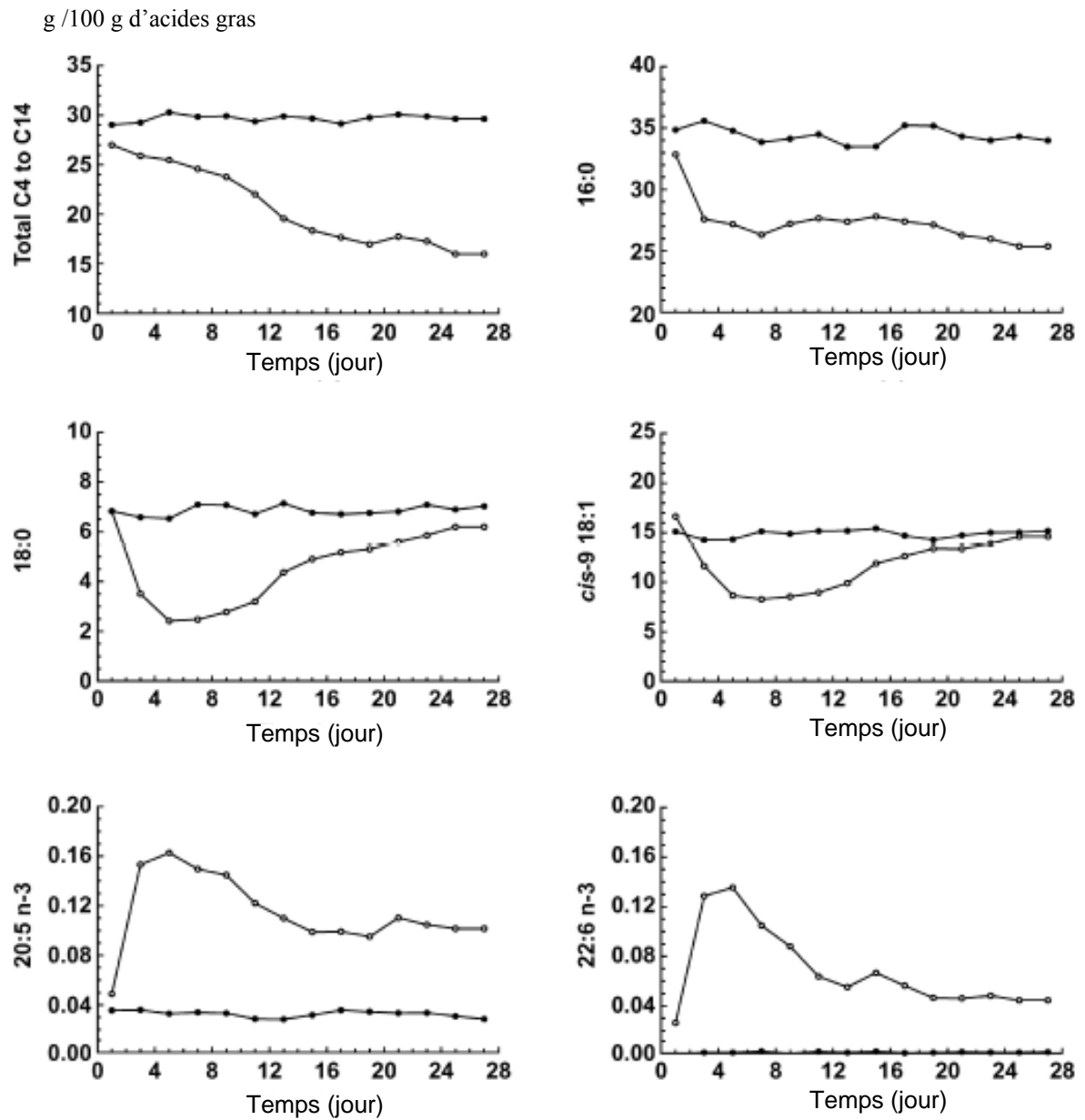


Figure 10: Variation de la concentration de certains acides gras dans le lait des vaches alimentées avec une ration à base d'ensilage de maïs supplémentée avec 0 (●) ou 45 (○) g / kg MS d'un mélange 1:2 d'huile de poissons et d'huile de tournesols. Les valeurs présentées représentent une moyenne pour les vaches de l'étude (adaptée de Shingfield et al., 2006). SEM= 0,62, 0,83, 0,24, 0,44, 0,005 et 0,004 g/100g d'acide gras pour C16:0, C18:0, C18:1 *trans*-11, C20:5 n-3 et 22:6 n-3, respectivement.

g /100 g d'acides gras

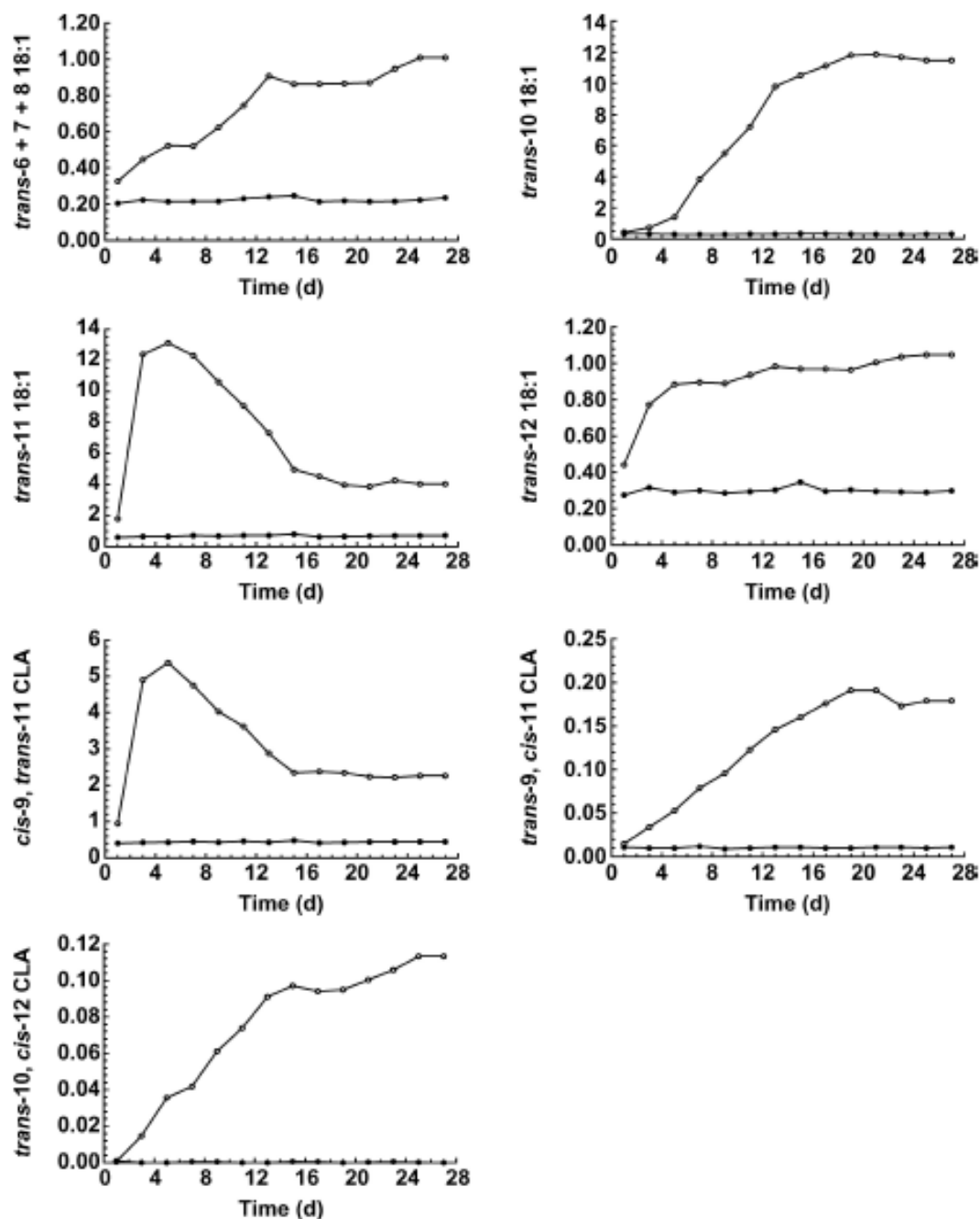


Figure 11: Variation de la composition de différents isomères d'acides gras à 18 carbones dans le temps pour les vaches alimentées avec une ration à base d'ensilage de maïs supplémentée avec 0 (●) ou 45 (○) g / kg MS d'un mélange 1:2 d'huile de poissons et d'huile de tournesols. Les valeurs présentées représentent une moyenne pour les vaches de l'étude (adaptée de Shingfield et al., 2006). SEM= 0,02, 0,73, 0,62, 0,02, 0,17, 0,009 et 0,002 g/100g d'acide gras pour C18:1 *trans*-6+7+8, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-11, C18:1 *trans*-12, C18:2 *cis*-9, *trans*-12 C18:2 *trans*-9, *cis*-11 et C18:2 *trans*-10, *cis*-12, respectivement.

Les résultats présentés à la Figure dix montrent bien qu'ajouter de l'huile de poissons et de l'huile de tournesols à une ration à base d'ensilage de maïs produit une altération marquée de la composition en acides gras du lait comparativement à la ration témoin. Plus précisément, les concentrations d'acides gras C4 à C14 ont progressivement été réduites avec le temps pour la ration supplémentée avec de l'huile de poissons et de l'huile de tournesols. Les concentrations d'acides gras à 16 carbones ont diminué durant les premiers jours de l'expérimentation pour ensuite se stabiliser. Par contre, les concentrations en C18:0 et en C18:1 *cis*-9 ont diminuées pour quelques jours pour ensuite revenir à des niveaux comparables à la ration témoin. Les concentrations en C20:5 n-3 et en C22:6 n-3 ont d'abord augmenté pour ensuite diminuer après cinq jours d'expérimentation. La Figure 11 montre les résultats des différents isomères d'acides gras à 18 carbones. Tous ces acides gras ont vu leur concentration augmenter avec l'ajout d'huile de poissons et de tournesols à la ration comparativement à la ration témoin. Par contre, les acides C18:1 *trans*-11 et C18:2 *cis*-9, *trans*-11 montrent des profils de concentration qui augmentent dans les cinq à six premiers jours de traitements pour ensuite diminuer rapidement et se stabiliser vers le 16^e jour.

L'augmentation marquée du C18:1 *trans*-11 s'explique de la même façon que vu précédemment. L'huile de tournesols fournit le substrat nécessaire aux bactéries du rumen afin de débiter le processus de biohydrogénation des acides gras alimentaires et l'huile de poissons inhibe la réaction de biohydrogénation terminale qui transforme le C18:1 *trans*-11 en C18:0. L'augmentation marquée de la concentration de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 s'explique par le lien étroit qui unit cet acide gras avec le C18:1 *trans*-11. En fait, dans le rumen, le C18:2 *cis*-9, *trans*-11 est le précurseur du C18:1 *trans*-11 et, dans la glande mammaire, le C18:1 *trans*-11 peut être transformé en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 par l'action de la Δ -9 désaturase.

À partir du cinquième jour de l'expérience, la concentration en C18:1 *trans*-11 commence à diminuer. Cette diminution peut être associée avec l'augmentation progressive du C18:1 *trans*-10. Ce changement dans le type d'acide gras *trans* prédominant dans le lait peut être vu comme un indicateur du moment où le processus de biohydrogénation se modifie dans le rumen. La modification du processus de biohydrogénation dans le rumen, qui fait diminuer les concentrations du C18:1 *trans*-11 au profit du C18:1 *trans*-10, résulte aussi en une diminution de la concentration en C18:2 *cis*-9, *trans*-11. En fait, le processus permettant la formation de C18:1 *trans*-10 ne permet pas de former du C18:2 *trans*-10, *cis*-12. Le mécanisme fondamental en cause dans le changement du processus de biohydrogénation n'est pas encore très bien connu. Par contre, il est évident que

l'augmentation du C18:2 *trans*-10, *cis*-12 et du C18:1 *trans*-10 est une adaptation due à l'ajout d'huile de poissons et de tournesols à la ration.

Alors, supplémenter la ration des vaches laitières avec de l'huile de poissons et de l'huile de tournesols est un moyen efficace d'augmenter les concentrations en C18:2 *cis*-9, *trans*-11. Même si la concentration de cet acide a tendance à diminuer après cinq jours de traitement, la concentration demeure supérieure à celle obtenue avec la ration témoin. Par contre, il est nécessaire de prendre ce profil de concentration en considération afin de rester critique face aux études qui vantent des concentrations en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 hors du commun.

3.5. Effet du pâturage sur le profil en acide gras du lait

Mis à part l'ajout d'huile comme source de gras insaturés dans la ration, d'autres moyens peuvent aussi permettre de modifier la concentration en certains acides gras contenus dans le lait. Différentes stratégies d'alimentation concernant la mise au pâturage comparativement à des vaches alimentées seulement à l'intérieur ont montré des effets sur la composition en acides linoléiques conjugués dans le lait. Plusieurs études ont démontré qu'une ration à base de pâturage contribue à augmenter les concentrations d'acides linoléiques conjugués dans le lait comparativement à des vaches alimentées avec une ration totale mélangée (Kelly et al., 1998; White et al., 2001; Schroeder et al., 2003 cité par Bargo et al., 2006).

Le chercheur Bargo et son équipe (2006) se sont attardés sur ce sujet. Leur étude avait pour objectif d'examiner l'influence des différents niveaux et sources d'énergie supplémentées à la ration de vaches laitières au pâturage sur les profils en acides gras du lait. Pour réaliser cette expérience, ils ont alimenté 20 vaches laitières selon deux niveaux de pâturage. Le niveau de pâturage le plus bas comprenait 25 kg de matière sèche par vache par jour tandis que le niveau de pâturage le plus élevé comprenait 40 kg de matière sèche par vache par jour. Ces deux groupes ont été divisés en deux afin d'avoir, pour chacun de ces niveaux de pâturage, des vaches qui consommaient un kilogramme de concentrés pour quatre kilogrammes de lait produit et des vaches qui ne consommaient pas de concentrés. Les différents résultats de cette étude sont présentés à la Figure 12 et au Tableau sept.

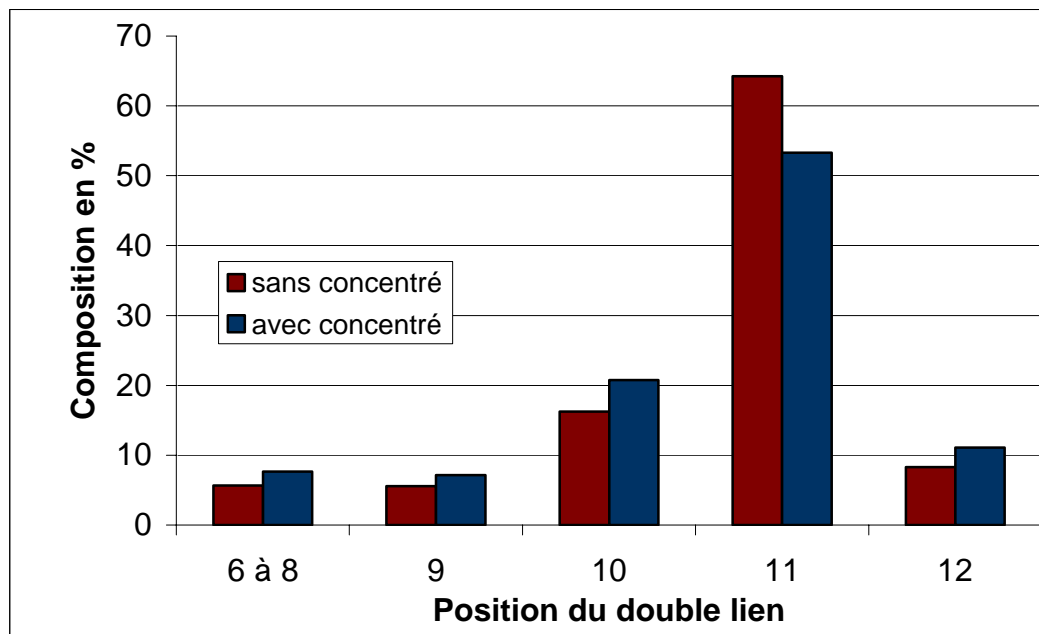


Figure 12: Comparaison des différents niveaux d'isomères à 18 carbones et à une insaturation pour des vaches alimentées avec différents niveaux de pâturage avec ou sans supplément de concentrés (adaptée de Bargo et al., 2006). Seul l'effet principal du supplément de concentré a eu un effet significatif.

Tableau 7: Composition de quelques acides gras contenus dans le lait des vaches alimentées avec différents niveaux de pâturage avec ou sans supplément de concentrés (adapté de Bargo et al., 2006).

Acide gras (g/100g d'acides gras)	Faible pâturage		Haut pâturage		P<		
	SC	AC	SC	AC	AC	PA	AC X PA
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	1,35	1,11	1,36	1,24	0,01	0,32	0,34
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	1,14	0,81	1,17	0,77	0,01	0,99	0,18

Le niveau de pâturage le plus bas comprend 25 kg de matière sèche par vache par jour tandis que le niveau de pâturage le plus élevé comprend 40 kg de matière sèche par vache par jour. Ces deux groupes ont été divisés en deux afin d'avoir, pour chaque niveau de pâturage, des vaches qui consomment un kilogramme de concentrés pour quatre kilogrammes de lait produit (AC) et des vaches qui ne consomment pas de concentrés (SC).

AC:effet principal du supplément de concentrés

PA:effet du temps de pâturage

CS X PA:effet de l'interaction du supplément de concentrés par le temps alloué au pâturage

Puisqu'il n'y avait aucune interaction entre les différents traitements, pour ce qui est de l'influence du niveau de pâturage sur la composition en acides gras des isomères C18:1 *trans* dans le lait, il est possible de présenter les données obtenues dans cette étude en combinant les deux niveaux de

pâturage afin d'observer clairement l'influence de l'ajout de concentrés sur la composition du lait. Comme présenté à la Figure 12, il est possible de constater que l'ajout de concentrés diminue le niveau de C18:1 *trans*-11 et augmente les niveaux des autres isomères dans le lait. Alors, en comparant ces résultats avec le profil de composition des gras *trans* à 18 carbones du gras animal de ruminant et la composition des acides gras *trans* à 18 carbones des acides gras industriels présentés précédemment, il est possible de constater que, les vaches au pâturage, qui ne reçoivent pas de concentré, produisent un lait qui est plus proche de la composition «naturelle» du lait. Par contre, les vaches alimentées au pâturage, qui reçoivent un supplément de concentrés, produisent un lait dont la composition se rapproche un peu plus de celle du gras formé par l'hydrogénation industrielle de l'huile végétale. Conséquemment, les niveaux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 ont été plus élevés chez les vaches qui ne recevaient pas de concentrés (voir Tableau sept).

Le pâturage contient essentiellement du C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15. C'est donc dire que les bactéries contenues dans le rumen hydrogènent cet acide gras en C18:3 *cis*-9, *trans*-11, *cis*-15, en C18:2 *trans*-11, *cis*-15, en C18:1 *trans*-11 puis en C18:0. Le C18:1 *trans*-11 est aussi produit par l'hydrogénation des acides C18:2 contenus dans les concentrés. Ainsi, les vaches qui ont reçu des concentrés ont reçu proportionnellement moins de C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 dans leur rumen. De plus, pour les vaches qui ont reçu des concentrés, les niveaux de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 sont aussi plus faibles que pour les vaches qui n'ont pas reçu de concentrés. En fait, le niveau du C18:2 *cis*-9, *trans*-11 est corrélé au niveau de C18:1 *trans*-11 produit par le rumen.

Finalement, alimenter des vaches avec une ration qui contient une certaine proportion de pâturage permet d'augmenter les niveaux de C18:1 *trans*-11, de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 dans le lait. Alors, la composition du lait ainsi produit se rapproche davantage de la composition naturelle du gras animal. De plus, la concentration du C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 est augmentée dans le lait. Le C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 est un acide gras ω -3 dont les propriétés bénéfiques sont reconnues. Alors, augmenter la teneur en cet acide gras dans le lait est un autre avantage pour notre santé.

3.6. Effet de la vitamine E sur le profil en acide gras du lait

Plusieurs expériences démontrent, tel que présenté précédemment, qu'il est possible d'augmenter la quantité d'acides linoléiques conjugués dans le lait en alimentant les vaches avec des rations riches en huile (acide gras insaturés). Malheureusement, l'addition de gras insaturés à la ration des vaches laitières a comme désavantage d'augmenter la susceptibilité du lait à l'oxydation (Palmquist et al., 1993 cité par Pottier et al., 2006). De plus, l'augmentation de la concentration en gras insaturés dans le rumen peut résulter en un changement progressif des conditions de fermentation du rumen qui mène inévitablement à une diminution de la digestion de la fibre (Palmquist, 1984 cité par Pottier et al., 2006). Ce phénomène résulte, entre autres, en un processus de biohydrogénation altéré qui est caractérisé par une diminution de la production de C18:1 *trans*-11 et une augmentation de C18:1 *trans*-10 dans le rumen.

Quelques chercheurs ont étudiés l'effet de la vitamine E sur la production d'acide gras dans le rumen. La plupart des résultats montrent une interaction entre cette vitamine et la production de C18:1 *trans*-11 dans le rumen. Pottier et al. (2006) se sont penchés sur ce phénomène afin d'examiner l'effet d'une diète supplémentée avec de la vitamine E sur la production du C18:1 *trans*-10. Afin de réaliser cette expérience, ils ont alimenté six vaches laitières avec deux rations différentes. La première ration contenait un ratio de fourrage sur concentré de 50:50 supplémentée avec 1,86 kg/jour de graine de lin extrudé et 190 g/jour d'huile de lin. Cette ration a été formulée expressément afin de favoriser le transfert du processus de biohydrogénation de la production du C18:1 *trans*-11 vers la production de C18:1 *trans*-10. La deuxième ration était similaire à la première excepté que cette ration était supplémentée aussi avec 12,000 UI de vitamine E non protégée. Les résultats de cette étude sont présentés à la Figure 13.

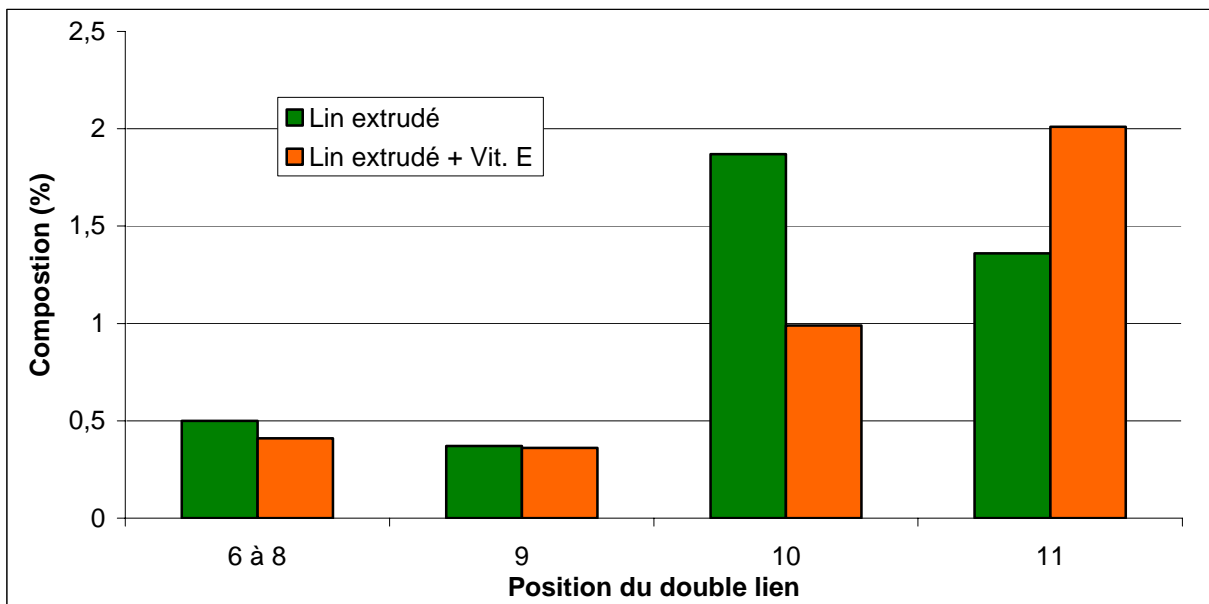


Figure 13: Composition des isomères *trans* à 18 carbones du lait des vaches alimentées avec une ration 50:50 fourrage sur concentrés supplémentée avec du lin extrudé ou avec du lin extrudé et de la vitamine E (adaptée de Pottier et al.,2006). Les seules valeurs différentes significativement sont celles relatives au C18:1 *trans*-10.

Tableau 8: Composition de quelques isomères *trans* à 18 carbones du lait des vaches alimentées avec une ration 50:50 fourrage sur concentrés supplémentée avec du lin extrudé ou avec du lin extrudé et de la vitamine E (adapté de Pottier et al.,2006).

Acide gras (g/100g d'acides gras)	Diète	
	Lin	Lin + Vit. E
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,95	1,14
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12*	0,021	0,017
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	1,38	1,37

*Les valeurs sont différentes significativement à P < 0,05.

Les résultats présentés à la Figure 13 et au Tableau huit montrent que l'addition de vitamine E induit un changement significatif dans la composition de l'acide C18:1 *trans*-10. C'est-à-dire que le niveau de cet acide est réduit dans le lait lorsque les vaches sont alimentées avec du lin extrudé et de la vitamine E comparativement au lait des vaches alimentées avec seulement du lin extrudé. Par contre, le niveau de C18:1 *trans*-11 n'a pas été affecté par l'ajout de vitamine E à la ration. La

modification du niveau de C18:1 *trans*-10 par la vitamine E peut s'expliquer par le fait que cette vitamine inhibe le groupe de bactéries qui, dans le rumen, permet de former du C18:1 *trans*-10. L'explication exacte de ce phénomène n'est pas encore connue. Une hypothèse possible de ce phénomène est que la vitamine E est possiblement une substance qui supporte la croissance et le fonctionnement des bactéries impliquées dans la production du C18:1 *trans*-11.

Un autre phénomène intéressant est présenté à la Figure 14. Le groupe un avait reçu la vitamine E dans la première période, soit du jour un au jour 21. Le niveau de C18:1 *trans*-11 s'est maintenu tant que les vaches recevaient cette vitamine. Par contre, la concentration de C18:1 *trans*-11 a diminué et la concentration de C18:1 *trans*-10 a augmenté pour la période deux, c'est-à-dire, lorsque les vaches ont cessé de recevoir un supplément de vitamine E. Pour le groupe deux, qui avait reçu un supplément de vitamine E dans la deuxième période de l'expérience (du jour 22 au jour 42), la concentration de C18:1 *trans*-11 a augmenté pour la première période pour ensuite diminuer dans la deuxième période. La concentration de C18:1 *trans*-10 a augmenté durant la première période pour ensuite atteindre le même niveau que le C18:1 *trans*-11 dans la deuxième période. Ainsi, la vitamine E semble avoir un effet sur le niveau de C18:1 *trans*-11 seulement lorsqu'elle est incorporée dans la diète simultanément avec le gras.

Dans cette expérience, l'ajout de vitamine E à la ration des vaches laitières a eu un effet significatif sur le niveau de C18:1 *trans*-10 dans le lait. Cette vitamine est plus efficace pour empêcher le transfert de processus de biohydrogénation du C18:1 *trans*-11 vers le C18:1 *trans*-10 lorsqu'elle est ajoutée en même temps que le gras dans la ration des animaux.

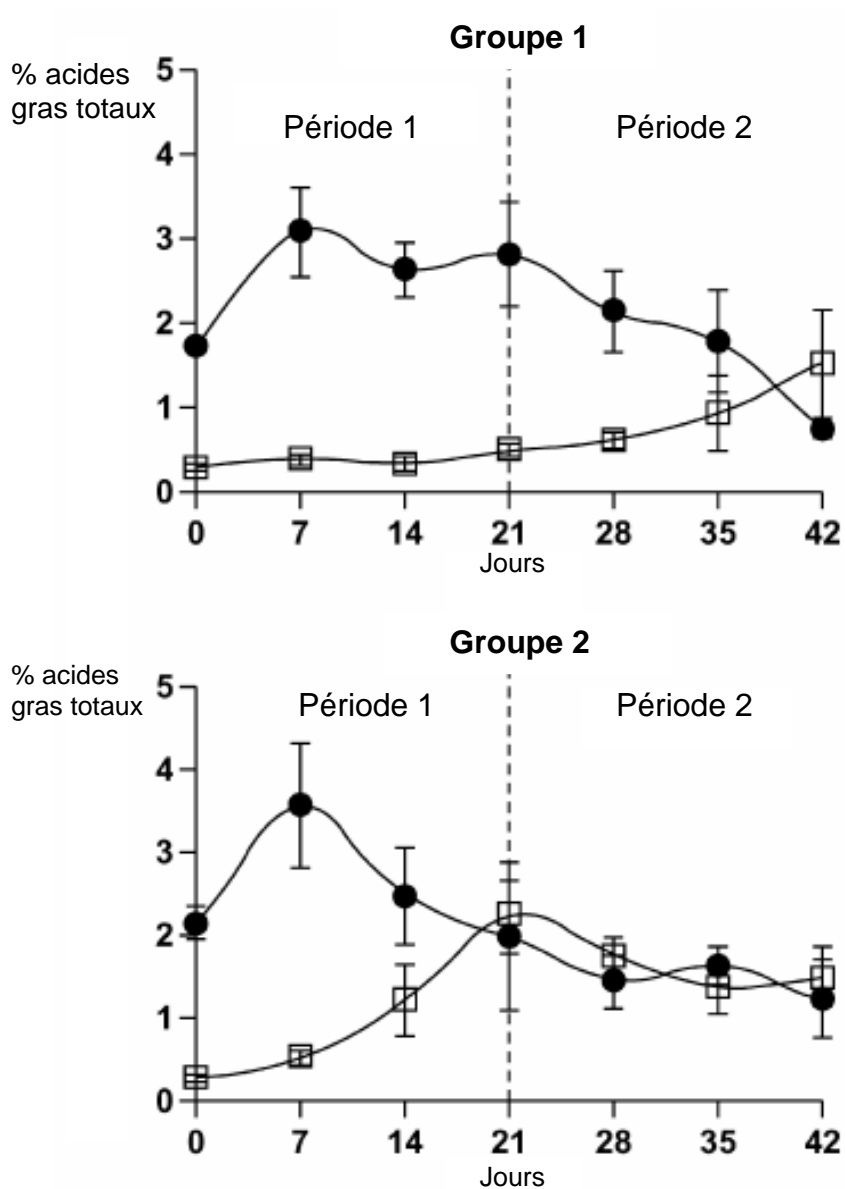


Figure 14: Effet de la séquence d'administration de la vitamine E sur la concentration du C18:1 *trans*-11 (●) et du C18:1 *trans*-10 (□) dans le lait des vaches recevant une ration haute en gras. La période un correspond aux jours un à 21 et la période deux aux jours 22 à 42. Pour le groupe un, la vitamine E est ajoutée durant la période un et pour le groupe deux durant la période deux (adaptée de Pottier et al., 2006).

CONCLUSION

Depuis que la nouvelle loi sur l'étiquetage nutritionnelle des aliments a été adoptée, il est possible de retrouver, sur l'emballage des produits alimentaires, leurs teneurs en gras *trans*. Puisque cette loi est aussi applicable aux produits laitiers, il est alors possible de connaître leurs teneurs en gras *trans*. Avant de s'alarmer sur les risques potentiellement négatifs des produits laitiers sur notre santé, il faut tenir compte du fait que les huiles hydrogénées et les produits laitiers ne contiennent pas les mêmes formes de gras *trans* et que les différents effets sur la santé humaine des isomères *trans* d'acides gras contenus dans le lait ne sont pas encore entièrement connus. Le principal problème mis de l'avant par les études cliniques, visant à tester les effets des gras *trans* sur la santé, est qu'il est difficile de faire une étude permettant de comparer réellement l'effet des gras *trans* des huiles hydrogénées et des produits laitiers. Il est difficile de comparer l'effet sur la santé d'un gramme de beurre par rapport à un gramme de shortening puisque ces deux aliments ne contiennent pas la même quantité totale de gras *trans*. Lorsque la lumière sera faite sur les effets des gras *trans* d'origine animale sur la santé humaine, il sera possible d'envisager de produire un lait ayant des propriétés différentes. Si les études biomédicales viennent à démontrer que les gras *trans* contenus dans le lait possèdent des propriétés bénéfiques pour la santé, il sera possible, en utilisant les moyens déjà connus, de moduler la composition en gras *trans* du lait afin d'en augmenter la concentration. Une fois que le lait enrichi en gras *trans* sera transformé en beurre, les consommateurs auront tout le plaisir de bénéficier du goût naturel du beurre tout en ayant un produit facile à tartiner à la température du réfrigérateur. En plus, en développant ce nouveau marché, l'industrie laitière en sortira gagnante.

RÉFÉRENCES

- AbuGhaleh, A.A., Jenkins, T.C. 2004. *Short communication*: Docosaehaenoic acid promotes vaccenic acid accumulation in mixed rumen cultures when incubated with linoleic acid. *Journal of Dairy Science*. 87: 1047-1050.
- AbuGhazaleh, A.A., Schingoethe, D.J., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Whitlock, L.A. 2002. Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. *Journal of Dairy Science*. 85: 2266-2276.
- Agence Canadienne d'inspection des aliments. février 2006. Lettre d'information: étiquetage des acides gras trans. Adresse URL: <http://www.inspection.gc.ca/francais/fssa/labeti/inform/20050914f.shtml#12>, Pages consultées le 15 janvier 2007.
- Bargo, F., Delahoy, J.E., Schroeder, G.F., Muller, L.D. 2006. Milk fatty acid composition of dairy cows grazing at two pasture allowances and supplemented with different levels and sources of concentrate. *Animal Feed Science and Technology*. 125: 17-31.
- Chouinard, P.Y., Corneau, L., Butler, W.R., Chilliard, Y., Darkley, J.K., Bauman, D.E. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentration in milk fat. *Journal of Dairy Science*. 84: 680-690.
- Chouinard, Y. 2005. Nutrition animale, notes de cours. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval.
- Donovan, D.C., Schingoethe, D.J., Baer, R.J., Ryali, J., Hippen, A.R., Franklin, S.T. 2000. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 83: 2626-2628.

- Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman D.E., Palmquist, D.L., Nurmela, K.V.V. 1998. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 81:1251-1261.
- Kühlsen, N., Pfeuffer, M., Soustre, Y., MacGibbon, A., Lindmark-Mansoon, H., Schrezenmeir, J. 2005. *Trans* fatty acids:scientific progress and labelling. *Bulletin of the International Dairy Federation*. 393.
- Lock, A.L., Corl, B.A., Barbano, D.M., Bauman, D.E., Ip, C. 2004. The Anticarcinogenic effect of *trans*-11 18:1 is dependant on its conversion to *cis*-9, *trans*-11 CLA by Δ 9-desaturase in rats. *Journal of Nutrition*. 134: 2698-2704.
- Loor, J.J., Ferlay, A., Ollier, A., Ueda, K., Doreau, M., Chilliard, Y. 2005. High-concentrate diets and polyunsaturated oils alter *trans* and conjugated isomers in bovine rumen, blood, and milk. *Journal of Dairy Science*. 88: 3986-3999.
- Mensink, R.P., Zock, P.L., Kester, A.D., Katan M.B. 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrate on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*. 77: 1146-1155.
- Pottier, J., Focant, M., Debier, C. Buysser, G.D., Goffe, C., Mignolet, E., Froidmont, E., Larondelle, Y. 2006. Effect of dietary vitamin e on rumen boihydrogenation pathways and milk fat depression in dairy cows fed high-fat diets. *Journal of Dairy Science*. 89: 658-692.
- Precht, D., Molkentin, J. 1996. Rapid analysis of the isomers of *trans*-octadecenoic acid in milk fat. *International Dairy Journal*. 6: 791-809.
- Roy, S. hiver 2006. La lactation, notes de cours. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval.

Santé Canada. juin 2006. Les gras trans. Adresse URL:http://www.hc-sc.gc.ca/iyh-vsv/food-aliment/trans_f.html, Pages consultées le 29 janvier 2007.

Santé Canada. mars 2006. Étiquetage nutritionnel. Adresse URL:http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/label-etiquet/nutrition/index_f.html, Pages consultées le 15 janvier 2007.

Shingfield, K.J., Reynolds, C.K., Hervàs, G., Griinari, J.M., Grandison, A.S., Beaver, D.E. 2006. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89: 714-732.

Turpeinen, A.M., Mutanen, M., Aro, A., Salminen, I., Basu, S., Palmquist, D.L., Griinari, J.M. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. 76: 504-510.

Whitlock, L.A., Schingoethe, D.J., AbuGhazaleh, A.A., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F. 2006. Milk production and composition from cows fed small amounts of fish oil with extruded soybeans. *Journal of Dairy Science*. 89: 3972-3980.