



**INCIDENCE D'UN APPORT D'ACIDES GRAS
POLYINSATURES EN COURS D'ENGRAISSEMENT
SUR LA QUALITE DES VIANDES DE GROS
BOVINS**

~~~ Compte-rendu d'étape n° 0432013 ~~~

Travaux réalisés avec la participation financière des ministères chargés de l'Agriculture et de la Recherche (programme ACTA 02/14-2), d'INTERBEV et de l'OFIVAL

Jérôme **NORMAND**

Service Viande - Institut de l'Élevage

Opération n° T0260

Juin 2004

REMERCIEMENTS

Ce travail a été le fruit d'un large partenariat. Que soit ici remercié l'ensemble des personnes qui a contribué au bon déroulement de cette étude et plus particulièrement :

- Alain JOULIE, Jacques MOLLE et Guillaume EUDELIN (ferme expérimentale des Etablières, Chambre d'Agriculture de Vendée), Daniel LE PICHON (ferme expérimentale de Mauron, EDE du Morbihan), Julien RENON et Yves DURAND (ferme expérimentale de Jalogny, Chambre d'Agriculture de Saône et Loire), Didier BASTIEN, Jean-Pierre FARRIE et Philippe HAUREZ (Institut de l'Élevage) pour la mise en place et le suivi des essais en stations,
- l'ONIDOL (Corinne PEYRONNET) et la société VALOREX (Pierre WEIL et Guillaume CHESNEAU) pour leur contribution technique et financière,
- Gilles COULON (Institut de l'Élevage) pour le travail des viandes, Françoise TURIN (Institut de l'Élevage) pour la réalisation des analyses sensorielles et le laboratoire d'analyses de Villers-Bocage,
- l'abattoir de Paray-le-Monial et les entreprises Charolais Viande, SOCOPA-La-Roche-sur-Yon, et SVA-Vitré pour la mise à disposition des carcasses et la réalisation des prélèvements,
- le laboratoire d'analyse LAREAL,
- Danièle RIBAUD (Institut de l'Élevage) pour le traitement statistique des données
- Camille VALOGNES (stagiaire de l'ENITA de Bordeaux) pour le dépouillement des résultats.

SOMMAIRE

	Page
Résumé	4
Contexte et attendus de l'étude	6
Matériel et méthodes	9
1 - Objet de l'étude	9
2 - Dispositif	10
3 - Mesures réalisées	11
3.1 - <i>Sur les carcasses</i>	11
3.2 - <i>Sur la viande lors de la coupe primaire des carcasses</i>	12
3.3 - <i>Sur la viande au laboratoire</i>	12
3.4 - <i>Récapitulatif des mesures effectuées</i>	16
4 - Analyses des résultats	16
Résultats	18
1 - Qualités des carcasses	18
2 - Qualités des viandes à la coupe primaire	21
3 - Teneurs en lipides et profils d'acides gras des viandes	21
4 - Qualité des viandes perçues en bouche	28
5 - Aptitude à la conservation des viandes	29
Conclusion	30
Bibliographie	31

RÉSUMÉ

Sur le plan nutritionnel, la viande bovine souffre de son image de produit riche en graisses saturées contre lesquelles s'élèvent les nutritionnistes. Ces derniers préconisent des apports en graisses insaturées et plus particulièrement en acides gras polyinsaturés de structure *n-3* (ou oméga 3). Des recherches effectuées sur les volailles et les porcs ont montré qu'une modification de la composition du profil d'acides gras des produits alimentaires est possible en incorporant des acides gras polyinsaturés dans la ration des animaux. Pour la viande bovine, les résultats sont encore partiels, mais l'utilisation de la graine de lin, qui est avec l'herbe jeune la principale matière première naturellement riche en acides gras de structure *n-3*, est une voie prometteuse pour augmenter la teneur de ces acides gras dans la viande et ainsi rendre ce produit plus conforme aux « attentes santé » du consommateur. Ces perspectives d'amélioration des qualités nutritionnelles des viandes bovines intéressent les opérateurs de l'alimentation animale qui lancent d'ores et déjà sur le marché des aliments riches en acides gras polyinsaturés. Ces initiatives ont pris ces dernières années une dimension non négligeable et interpellent directement les éleveurs et les groupements de producteurs sollicités par des entreprises d'alimentation animale qui souhaitent mettre en avant des produits « bons pour la santé » naturellement riches en acides gras oméga 3.

Dans ce contexte, le service Viande de l'Institut de l'Élevage a soumis un programme de recherche concerté (Institut de l'Élevage, CETIOM, stations expérimentales des Etablères, Mauron et Jalogny, INRA, Valorex, ONIDOL, groupement de producteurs CELMAR) et pluriannuel sur les acides gras polyinsaturés et la qualité des viandes bovines à l'appel d'offre ACTA. Ce programme a été retenu et bénéficie d'un cofinancement de la part d'INTERBEV et de l'OFIVAL. Outre des aspects concernant le traitement technologique de la graine de lin (CETIOM) ou la digestion et le métabolisme ruminal des lipides (INRA), l'objectif de ce programme de recherche est de préciser quelles sont les réelles perspectives d'amélioration des qualités nutritionnelles des viandes par une incorporation de graines de lin dans l'alimentation des gros bovins et donc pour cela :

- d'acquérir des références techniques et économiques sur l'apport de graines de lin pour améliorer la composition en acides gras de la viande bovine en s'intéressant principalement aux modalités d'apport (forme de présentation, quantité et durée d'apport)
- d'apprécier l'influence d'une augmentation de la teneur des viandes en lipides polyinsaturés, donc plus sensibles à l'oxydation, sur les qualités des carcasses et des viandes : état d'engraissement, couleur, qualités perçues en bouche et aptitude à la conservation dans le contexte français de transformation et de consommation des viandes.

Le premier volet de ce travail a été conduit en 2003 et était centré sur la forme de présentation de la graine de lin. Il fait l'objet du présent compte rendu. Cependant, s'agissant d'un compte rendu d'étape, il convient de considérer les résultats présentés ici avec prudence car ils devront être confirmés par ceux obtenus dans la suite du programme.

L'incidence d'un apport en finition de graines de lin extrudées ou aplaties sur les qualités des carcasses semble très limitée : le poids et le classement des carcasses ne sont pas modifiés ni même la qualité du gras de couverture. S'agissant de l'état d'engraissement apprécié par les quantités de gras enlevés à l'abattage, le dispositif n'a pas permis de conclure. De même, la qualité des viandes

appréciée à la coupe primaire semble peu influencée par l'apport de lin aux animaux : les viandes n'apparaissent ni plus grasses ni plus rouges lors d'une appréciation visuelle.

D'un point de vue nutritionnel, l'apport de lin aux animaux induit une modification de la composition en acides gras des viandes. Avec un apport de 750 g de graines de lin extrudées pendant les 100 derniers jours de finition des animaux, la teneur en C18:3 *n-3* est multipliée par 3. De ce point de vue, ce type de finition est équivalent à une finition avec de l'herbe jeune. Dans le même temps, l'apport de lin permet de diminuer le rapport AG *n-6* / AG *n-3*, le rendant ainsi plus conforme aux recommandations nutritionnelles (inférieur à 5). Avec l'utilisation de graines de lin aplaties, le bénéfice est un peu atténué dans la mesure où l'enrichissement des viandes en C18:3 *n-3* est inférieur d'environ 30 % à celui observé avec la graine de lin extrudée.

En terme de qualités perçues en bouche, il semblerait que l'apport de lin, malgré un enrichissement des viandes en acides gras polyinsaturés, n'ait pas d'incidence sur la saveur des viandes, quel que soient le muscle (Long Dorsal ou Psoas Majeur) et le circuit de conservation étudiés. En revanche, le dispositif n'a pas permis de conclure pour la tendreté et la jutosité.

CONTEXTE ET ATTENDUS DE L'ÉTUDE

Depuis de nombreuses années, les consommateurs français et plus généralement des pays industrialisés, manifestent une réaction de rejet vis-à-vis des matières grasses notamment d'origine animale. Les effets néfastes de certaines classes d'acides gras (AG) présents chez les animaux sont effectivement soulignés par le corps médical et largement relayés par les médias. Cependant, les connaissances sur les effets biologiques des acides gras chez l'homme ont considérablement évolué, de même que les recommandations. Précédemment centrées sur les effets négatifs des acides gras saturés et insaturés de structure *trans*, elles s'attachent désormais davantage aux effets bénéfiques de certains acides gras spécifiques. Ainsi, dans la révision 2001 des apports nutritionnels conseillés pour la population française (Martin, 2001), les nutritionnistes préconisent une limitation des graisses saturées à 10 % de la ration calorique totale, un rapport de 5 entre les formes d'acides gras polyinsaturés *n-6* (ou oméga 6) et *n-3* (ou oméga 3, les deux formes diffèrent de par la position de leur insaturation) et un apport quotidien de 2 g d'acide linoléique (C18:3 *n-3*). Ces recommandations sont basées sur le fait qu'une insuffisance en acides gras polyinsaturés *n-3* par rapport aux *n-6* contribuerait notamment à augmenter les risques de maladies cardio-vasculaires. Par ailleurs, de nombreux travaux sont conduits actuellement sur les propriétés des différentes formes de CLA (acide linoléique conjugué) qui sont formées lors de l'hydrogénation ruminale de l'acide linoléique (C18:2 *n-6*). Certaines formes pourraient être à terme recommandées pour leurs propriétés anticarcinogènes, hypocholestérolémiantes, anti-athérosclérose (Williams, 2000).

Jusqu'à présent, la réponse aux recommandations successives avait conduit à la préconisation du régime « crétois » pauvre en viande et riche en fruits et légumes, en huile d'olive et dans une moindre mesure en poisson pour lutter contre l'apparition de maladies cardio-vasculaires (Renaud et al, 1995). Ce régime est cependant assez éloigné des habitudes alimentaires d'une grande partie de la population française. De nombreux essais ont alors été conduits pour modifier le profil en acides gras des produits alimentaires via l'alimentation des animaux, à partir des trois principales sources naturelles d'acides gras polyinsaturés *n-3* : l'herbe fraîche de printemps, la graine de lin et l'huile de poisson (tableau 1).

Tableau 1. Principales matières premières riches en acides gras polyinsaturés *n-3*

	Matière grasse (% MB)	AGPI <i>n-6</i>		AGPI <i>n-3</i>	
		% AG	g /kg	% AG	g /kg
Herbe ¹	1,6	15,0	0,8	60,0	3,4
Graine de lin ²	32,7	14,7	45,7	54,2	168,4
Huile d'anchois ²	100,0	1,4	14,0	31,5	315,0

¹ source : Morand-Fehr et Tran, 2001.

² source : AFZ – INRA, 2002.

AGPI : acides gras polyinsaturés. Les AGPI de l'herbe et de la graine de lin sont l'acide linoléique (C18:2 *n-6*) pour les *n-6* et de l'acide linoléique (C18:3 *n-3*) pour les *n-3*. Pour l'huile de poisson, il s'agit essentiellement d'acides gras à longue chaîne (C20:5 *n-3*, C22:6 *n-3*, ...).

Chez le poulet et le porc pour lesquels il y a peu de modifications des lipides lors de la digestion, il est bien établi que la nature des acides gras ingérés influence largement la composition des tissus adipeux (revue de Doreau et Chilliard, 1997). Chez les gros bovins, en raison des mécanismes d'hydrogénation des lipides au niveau du rumen, la situation est quelque peu différente des monogastriques. Toutefois, chez la vache laitière, la supplémentation lipidique de la ration alimentaire permet de moduler sensiblement la composition lipidique du lait (Chilliard et al, 2000 ; Brunschwig et al, 1997).

S'agissant de la viande bovine, les résultats sont encore très partiels. Quelques travaux ont été centrés sur l'utilisation de l'herbe comme source d'acides gras polyinsaturés. Les tissus adipeux intramusculaires de bœufs finis à l'herbe présentent des teneurs en acides gras *n-3* et en CLA plus élevées (French et al, 2000) et un rapport *n-6 / n-3* plus faible (Marmer et al, 1984 ; Wood et Enser, 1997) que les tissus de bœufs engraisés avec un régime à base de concentré. La teneur en C18:3 *n-3* de l'herbe est cependant variable suivant son stade végétatif : elle serait maximale dans les jeunes pousses de printemps. De plus, elle serait fortement réduite lors du fanage de l'herbe pour une utilisation sous forme de foin (Morand-Fehr et Tran, 2001). L'utilisation de l'herbe pour enrichir la viande bovine en AG *n-3* ne peut donc s'envisager que sur une partie de l'année. Le recours à d'autres matières premières riches en AG *n-3* paraît donc nécessaire pour avoir une production régulière au cours de l'année. L'utilisation d'huile ou de farine de poisson pourrait donner des résultats satisfaisants mais n'est pas envisageable pour l'alimentation des ruminants. La graine de lin représente donc une bonne alternative à l'herbe de printemps mais, jusqu'à ces dernières années, peu d'études ont été conduites en utilisant cet aliment comme source d'acides gras polyinsaturés. Dans quelques essais, le tourteau de lin a été étudié mais sa teneur en lipides et donc en acide linoléique est plus faible que dans la graine entière. Dans le cadre de travaux sur la relance du lin oléagineux, le CETIOM a coordonné entre 1994 et 1996, en collaboration avec l'Institut de l'Elevage et avec le soutien financier de l'ACTA, une étude sur la valorisation des tourteaux de lin expeller (partiellement déshuilés) dans l'alimentation de jeunes bovins Montbéliards. Elle a permis, d'une part de préciser les conditions d'incorporation des tourteaux expeller dans l'alimentation des ruminants, et d'autre part de mettre en évidence un enrichissement de la viande en acides gras polyinsaturés *n-3* (Cadot et al, 1998). Un premier essai d'engraissement de jeunes bovins avec de la graine de lin extrudée a également été conduit par l'entreprise Valorex et l'Institut de l'Elevage et a conclu à un enrichissement de la viande en acides gras *n-3* et en CLA chez les animaux recevant de la graine de lin extrudée (Bastien, 2001). Ces premiers résultats méritent cependant d'être confirmés en s'attachant principalement aux modalités d'apport de la graine de lin (forme de présentation, quantité et durée d'apport du lin) et en prenant en compte différents facteurs pouvant potentiellement influencer l'enrichissement en acides gras polyinsaturés des viandes tels que la teneur en lipides de la viande produite ou le ratio fourrage / concentré de la ration.

Par ailleurs, si l'apport d'acides gras polyinsaturés dans la ration des bovins peut présenter un intérêt d'un point de vue nutritionnel, il pourrait en revanche favoriser les phénomènes d'oxydation des lipides et de ce fait dégrader la flaveur des viandes et réduire leur durée de conservation à l'instar des phénomènes observés chez les volailles dont la viande est très riche en acides gras polyinsaturés (Gandemer, 2000). Ceci pourrait être accentué par la durée de maturation beaucoup plus importante pour la viande bovine que pour la volaille. Chez les bovins, les quelques données disponibles indiquent que l'accroissement de la teneur en acides gras polyinsaturés *n-3* dans la viande lui donnerait un goût plus intense, celui-ci étant jugé agréable par des consommateurs britanniques et désagréable par des consommateurs espagnols (Wood et al, 1999).

Dans ce contexte, le service Viande de l'Institut de l'Elevage a soumis un programme de recherche concerté (Institut de l'Elevage, CETIOM, stations expérimentales des Etablières, Mauron et Jalogny,

INRA, Valorex, ONIDOL, groupement de producteurs CELMAR) et pluriannuel sur les acides gras polyinsaturés et la qualité des viandes bovines à l'appel d'offre ACTA (référence 02/14-2) afin de bénéficier de l'Enveloppe Recherche provenant des ministères chargés de l'Agriculture et de la Recherche. Ce programme a été retenu et bénéficie pour les aspects « qualité des viandes » d'un cofinancement de la part d'INTERBEV et de l'OFIVAL. Outre des aspects concernant le traitement technologique de la graine de lin (CETIOM) ou la digestion et le métabolisme ruminal des lipides (INRA), l'objectif de ce programme de recherche est de préciser quelles sont les réelles perspectives d'amélioration des qualités nutritionnelles des viandes par une incorporation de graines de lin dans l'alimentation des gros bovins et donc pour cela :

- d'acquérir des références techniques et économiques sur l'apport de graines de lin pour améliorer la composition en acides gras de la viande bovine en s'intéressant principalement aux modalités d'apport (forme de présentation, quantité et durée d'apport) et aux facteurs de variations potentiels (type d'animal, ration de base)
- d'apprécier l'influence d'une augmentation de la teneur des viandes en lipides polyinsaturés, donc plus sensibles à l'oxydation, sur les qualités des carcasses et des viandes : état d'engraissement, couleur, qualités perçues en bouche et aptitude à la conservation dans le contexte français de transformation et de consommation des viandes.

Le premier volet de ce travail a été conduit en 2003 et était centré sur la forme de présentation de la graine de lin. Il fait l'objet du présent compte rendu. Cependant, s'agissant d'un compte rendu d'étape, il convient de considérer les résultats présentés ici avec prudence car ils devront être confirmés par ceux obtenus dans la suite du programme.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1 - Objet de l'étude

L'étude avait pour objet de mesurer l'incidence d'un apport de lin en finition sur les qualités des viandes de gros bovins en prenant en compte différents facteurs de variations. Plus précisément, un certain nombre de questions était posé pour chacun des critères qualitatifs étudiés.

- **Incidence sur les qualités nutritionnelles et notamment sur la composition en acides gras des viandes**

L'apport de lin dans la ration de gros bovins a-t-il une incidence sur la composition en acides gras des viandes : enrichissement en AG $n-3$, abaissement du rapport AG $n-6$ / AG $n-3$? Ces effets sont-ils variables suivant la forme de présentation de la graine de lin ? Compte tenu de la petite taille de la graine, il est fort probable qu'avec une utilisation sous forme entière, celle-ci ne soit pas broyée lors de l'ingestion, ne subisse donc pas d'attaque lors de la digestion ruminale et se retrouve dans les fèces. Un traitement technologique semble indispensable pour favoriser la libération de l'huile au niveau ruminal. Un traitement technologique simple tel qu'un aplatissement avec un aplatisseur classiquement rencontré en exploitation agricole permet-il d'obtenir un enrichissement des viandes en AG $n-3$ ou faut-il recourir à un procédé industriel tel que l'extrusion ? Par ailleurs, les AG polyinsaturés étant principalement présents dans les phospholipides des membranes, les viandes maigres sont susceptibles de présenter un enrichissement en AG polyinsaturés plus important. De ce fait, l'apport de lin aux animaux a-t-il des conséquences différentes suivant le type d'animal utilisé (catégorie d'animal, race) ? De même, le ratio fourrage/concentré de la ration alimentaire pourrait avoir une incidence sur l'hydrogénation ruminale des acides gras. Avec des rations pauvres en fourrage (moins de 20 % de fourrage dans la ration), l'hydrogénation ruminale des lipides serait moindre et par conséquent l'enrichissement des viandes en AG polyinsaturés serait maximisé. L'apport de lin peut-il donc avoir des conséquences différentes en fonction de la ration de base distribuée aux animaux ? Enfin, d'un point de vue composition en acides gras, comment se positionne la viande d'animaux finis à l'auge avec de la graine de lin par rapport à celle d'animaux finis avec de l'herbe de printemps ? Beaucoup plus en aval, il semblait également intéressant de préciser les effets de la cuisson sur la composition en acides gras de la viande, celle-ci étant très majoritairement consommée cuite.

- **Incidence sur le classement des carcasses à l'abattoir**

L'apport de lin dans la ration va augmenter la teneur en lipides de celle-ci. Les animaux vont donc consommer davantage de matières grasses. Cela aura-t-il pour conséquence de produire des carcasses plus grasses ? Par ailleurs, l'apport d'acides gras polyinsaturés plus sensibles à l'oxydation des lipides et ayant un point de fusion plus faible que les acides gras saturés ou monoinsaturés peut-il avoir des répercussions sur la présentation des carcasses qui ne pose généralement pas de problème chez les gros bovins ? La qualité du gras de couverture est-elle dégradée par un apport de lin : gras mou, coloration anormale, odeur de rance, ... ?

- **Incidence sur la qualité de la viande à la coupe**

Une première notation de la qualité de la viande (quantité de gras intra et intermusculaire, couleur de la viande) se fait fréquemment à l'abattoir lors de la coupe primaire. L'apport de lin dans la ration des animaux peut-il avoir des conséquences sur cette appréciation ? Va-t-il conduire à avoir des quantités de gras intra et intermusculaire plus importantes ? Conformément à ce qui est fréquemment avancé par les professionnels mais qui n'a jamais été mis en évidence, la viande sera-t-elle plus rouge avec un apport de lin ?

- **Incidence sur les qualités perçues en bouche : flaveur, tendreté et jutosité**

Avec un ajout d'acides gras polyinsaturés, les phénomènes d'oxydation des lipides pourraient être plus importants. Cela va-t-il avoir des conséquences sur la flaveur des viandes avec notamment un rancissement plus important ? L'effet sur la flaveur des viandes peut-il être exacerbé avec des muscles relativement sensibles aux phénomènes d'oxydation ou avec un circuit de conservation « oxydant ». Par ailleurs, l'apport de lipides dans la ration va-t-il modifier la tendreté ou la jutosité des viandes ?

- **Incidence sur l'aptitude à la conservation des viandes**

Comme précédemment, l'enrichissement de la viande en acides gras polyinsaturés pourrait favoriser les phénomènes d'oxydation des lipides et agir sur la conservation des viandes : altération de la couleur, de l'odeur, ... L'apport de lin aux animaux a-t-il une incidence sur la durée de conservation de la viande ? Cet effet est-il variable suivant le type de muscle (plus ou moins fragile en terme de conservation) et suivant le circuit de conservation (plus ou moins oxydant) ?

2 - Dispositif

Afin de répondre aux différents objectifs de l'étude, 5 essais en stations expérimentales ont été mis en place. L'enrichissement des viandes en acides gras polyinsaturés étant susceptible de varier en fonction de la teneur en lipides des viandes, ces essais ont été conduits avec différents types d'animaux (catégorie d'animal / race) plus ou moins gras allant du jeune bovin Blond d'Aquitaine à la vache de réforme Charolaise. De même, la ration alimentaire des animaux étant susceptible de modifier l'hydrogénation ruminale des lipides et donc l'enrichissement des viandes en acides gras polyinsaturés, différentes rations de base plus ou moins riches en concentré et adaptées aux différents types d'animaux ont été utilisées dans ces essais.

Dans chaque essai (excepté l'essai « jeunes bovins Charolais des Etablières »), 3 lots d'animaux étaient comparés

- 1 lot « témoin » conduit de façon classique.
- 1 lot « lin extrudé » recevant 1,5 kg d'un produit industriel, le Croquelin® de la firme Valorex. Cet aliment est extrudé et contient 50 % de graine de lin, 30 % de son de blé et 20 % de tourteau de tournesol.
- 1 lot « lin aplati » recevant 750 g de graines de lin aplaties, 450 g de son de blé et 300 g de tourteau de tournesol. Il s'agissait d'un mélange fermier formulé sur la base du Croquelin® afin de comparer les effets de 2 traitements technologiques de la graine de lin l'extrusion et l'aplatissage représentant des logiques d'approvisionnement différentes (aliment du commerce contre aliment fermier).

Le lin était apporté au cours des 100 derniers jours de finition des animaux. Dans l'essai « jeunes bovins Charolais des Etablières », 2 lots seulement étaient comparés : 1 lot témoin vs 1 lot lin extrudé.

Par ailleurs, afin de positionner la composition des viandes des animaux engraisés avec des régimes à base de lin par rapport l'autre source majeure d'AG *n-3*, l'herbe jeune, un lot de vaches de réforme Charolaises a été fini à l'herbe à Jalogny.

Les 5 essais suivants ont donc été mis en place.

- Essai sur jeunes bovins Blancs d'Aquitaine aux Etablières (85) avec 3 lots de 12 jeunes bovins : 1 lot témoin / 1 lot graine de lin extrudée / 1 lot graine de lin aplatie. La ration de base de ces animaux était une ration sèche avec 90 % de concentré (blé, maïs, pulpe de betterave, tourteau de colza, féverole) et 10 % de paille et foin.
- Essai sur jeunes bovins Charolais aux Etablières avec 2 lots de 12 jeunes bovins : 1 lot témoin / 1 lot graine de lin extrudée. La ration de base de ces animaux était une ration sèche avec 90 % de concentré (blé, maïs, pulpe de betterave, tourteau de colza, féverole) et 10 % de paille et foin.
- Essai sur jeunes bovins Charolais à Jalogny (71) avec 3 lots de 14 jeunes bovins : 1 lot témoin / 1 lot graine de lin extrudée / 1 lot graine de lin aplatie. la ration de base de ces animaux était constituée d'ensilage de maïs, de concentré (blé, maïs, pulpe de betterave, tourteau de colza) et de paille.
- Essai sur génisses Blancs d'Aquitaine à Mauron (56) avec 3 lots de 12 génisses : 1 lot témoin / 1 lot graine de lin extrudée / 1 lot graine de lin aplatie. La ration de base de ces animaux était une ration riche en concentrés (blé, tourteau de colza, luzerne déshydratée, son de blé) contenant cependant un peu d'ensilage de maïs et du foin.
- Essai sur vaches de réforme Charolaises à Jalogny avec 4 lots de 14 vaches : 1 lot témoin / 1 lot graine de lin extrudée / 1 lot graine de lin aplatie / 1 lot herbe. La ration de base des animaux finis à l'auge était constituée essentiellement d'ensilage de maïs complétement avec un peu de concentré (blé, maïs, pulpe de betterave, tourteau de colza) et de la paille.

3 - Mesures réalisées

3.1 - Sur les carcasses

Afin d'apprécier l'effet d'une supplémentation en graines de lin sur la qualité des carcasses, les mesures suivantes ont été effectuées pour chacune des carcasses produites dans les essais mis en place en stations expérimentales.

- Pesée de la carcasse froide (pesée fiscale).
- Notation de la conformation et de l'état d'engraissement suivant la grille EUROP (classement abattoir).
- Pesée des gras de bassin, de rognons et d'émoussage. Ce poids des gras d'abattage apporte une information complémentaire à la note de gras pour juger de l'état d'engraissement global de l'animal.
- Notation visuelle de la couleur, de la tenue et de l'odeur du gras de couverture afin d'évaluer une éventuelle dégradation de la présentation des carcasses. Il s'agissait donc d'une notation binaire : pas de problème majeur / problème majeur.

3.2 - Sur la viande lors de la coupe primaire des carcasses

Lors de la coupe des carcasses en quartier avant arrière, des mesures de quantité de gras et de couleur de viande ont été effectuées sur le Long Dorsal (noix d'entrecôte) au niveau de la coupe entre la 5^{ème} et la 6^{ème} côte afin de mesurer l'incidence d'un apport de lin sur le jugement de la qualité de la viande à la coupe primaire.

- Notation visuelle du gras intermusculaire ou marbré suivant la grille en 5 classes du service Viande de l'Institut de l'Elevage (note variant de 1 pour une viande sans marbré à 5 pour une viande présentant des dégénérescences graisseuses).
- Notation visuelle du gras intramusculaire ou persillé suivant la grille USDA en 9 classes (note variant de 3 pour une viande sans aucune trace de gras à 12 pour une viande extrêmement grasse).
- Mesure de la couleur de la viande en observant un temps de réoxygénation d'une heure après la coupe. Deux méthodes complémentaires ont été utilisées :
 - notation visuelle suivant la grille en 4 classes du service Viande de l'Institut de l'Elevage (note variant de 1 pour une viande rouge très claire à 4 pour une viande rouge foncé),
 - mesure instrumentale à l'aide du chromamètre CR-300¹ de Minolta (illuminant D₆₅) à raison de 3 mesures par carcasse afin de tenir compte d'une éventuelle hétérogénéité de la couleur de surface.

En préalable, le pH ultime de la viande était mesuré à l'aide d'un pHmètre portatif afin d'éliminer de l'étude d'éventuelles viandes « à coupe sombre » (pH ultime supérieur à 5,80).

3.3 - Sur la viande au laboratoire

Afin d'apprécier l'effet d'une supplémentation en graines de lin sur les qualités des viandes, les analyses suivantes ont été réalisées.

3.3.1 - Teneur en lipides et profil d'acides gras

Les analyses de teneurs en lipides et profils d'acides gras ont principalement été effectuées sur viande crue bien que dans la très grande majorité des cas la viande soit cuite avant consommation. Cela a toutefois permis d'analyser les échantillons dans des conditions standards en s'affranchissant des effets de la conservation, du mode de cuisson et d'un éventuel ajout de matière grasse. Cependant, afin d'apprécier la composition en acides gras du produit réellement consommé, quelques analyses ont également été réalisées sur viande cuite.

La composition en acides gras de la viande crue a été analysée sur 10 animaux par lot pour chacun des essais conduits en stations expérimentales (y compris l'essai sur jeunes bovins Charolais des Etablières) et sur la totalité des vaches de réforme finies à l'herbe. Au sein de chaque lot, les animaux prélevés ont été répartis, dans la mesure du possible, sur l'ensemble des séances d'abattage. Pour chaque animal, l'analyse a été effectuée sur une tranche d'environ 100 g de muscle Long Dorsal (noix d'entrecôte), prélevée 24 heures après abattage au niveau de la coupe entre la 5^{ème} et 6^{ème} côte. L'échantillon était ensuite mis sous vide puis congelé avant analyse.

¹ La couleur est décomposée suivant 3 paramètres :

L* : la luminance variant de 0 pour le noir à 100 pour le blanc

a* : l'indice de rouge variant de -60 à +60

b* : l'indice de jaune variant de -60 à +60

Parallèlement, la composition en acides gras de la viande cuite a été analysée pour 10 animaux des lots témoin et lin extrudé des essais « génisses Blondes d'Aquitaine de Mauron » et « vaches de réforme Charolaises de Jalogny ». Pour chaque animal, l'analyse a été effectuée sur une tranche d'environ 100 g de Long Dorsal contiguë à la tranche destinée à l'analyse sur viande crue. Avant cuisson, cette tranche a suivi un circuit de conservation classique : prélèvement 24 heures après abattage, conditionnement sous vide pendant 7 jours puis en barquette polystyrène sous film étirable pendant 4 à 5 jours. Elle a ensuite été cuite à 57°C à cœur (cuisson saignante) sans ajout de matière grasse puis mise sous vide et congelée avant analyse.

Les analyses ont été effectuées par le laboratoire LAREAL avec les méthodes suivantes :

- extraction et quantification de la matière grasse à l'éther de pétrole à chaud après hydrolyse à l'acide chlorhydrique (*NF V 04-402*),
- saponification et méthylation des acides gras au trifluorure de bore,
- détermination du profil d'acides gras par chromatographie en phase gazeuse (*NF EN ISO 5508/5509*). L'essentiel des résultats a été exprimé en relatif (en pourcentage des AG totaux), c'est à dire analysé sans ajout d'étalon interne et donc sans quantification de chacun des acides gras. Cependant une douzaine d'échantillons a été analysée en relatif et dans l'absolu (avec ajout de C13:0 comme étalon interne pour quantifier les acides gras) afin d'établir une équation permettant de calculer les quantités de chacun des acides gras à partir des résultats exprimés en relatifs.

3.3.2 - Aptitude à la conservation

L'aptitude à la conservation des viandes a été évaluée par suivis des durées de vie résiduelles (DVR). Ces mesures consistent à apprécier par un jugement sensoriel la durée de conservation d'une viande dans des conditions données.

Pour déterminer la durée de vie résiduelle des viandes, un jury de 5 personnes formées à l'évaluation de la viande note pour chaque tranche les critères suivants sur une échelle en 5 classes (note variant de 5 pour une absence de dégradation à 1 pour une dégradation maximale, la note 3 représentant la limite d'acceptabilité du morceau).

- Appréciation de la viande dans la barquette avant ouverture (note ≥ 3 signifiant « j'achète le morceau ») :
 - quantité d'exsudat,
 - couleur du dessus de la tranche,
 - appréciation globale du morceau qui est une synthèse des notes précédentes. Si cette note est de 3 ou plus, on conclut à une décision d'achat.
- Appréciation de la viande dans la barquette après ouverture (note ≥ 3 signifiant « je consomme le morceau ») :
 - odeur
 - couleur du dessus de la tranche
 - couleur du dessous de la tranche
 - couleur au niveau des bordures
 - appréciation globale du morceau qui est une synthèse de l'ensemble des appréciations. Si cette note est de 3 ou plus, on conclut à une décision de consommation. C'est cette note qui permet de fixer la durée de vie de chaque morceau.

Des photographies ont également été réalisées lors de chaque contrôle pour rendre compte de l'ampleur des résultats. Elles sont disponibles auprès de l'auteur.

Dans cette étude, il s'agissait essentiellement de comparer intra essai la durée de vie des viandes issues des 3 traitements : témoin / lin extrudé / lin aplati. Pour les 4 essais principaux (« jeunes bovins Blondes d'Aquitaine des Etablières », « génisses Blondes d'Aquitaine de Mauron », « jeunes bovins et vaches de réforme Charolaises de Jalogny »), ces suivis ont été effectués sur 8 animaux par lots abattus en 2 séries (4 animaux x 3 lots = 12 animaux par série) avec les modalités suivantes.

- Le muscle étudié est le Long Dorsal car outre le fait d'être le muscle de référence pour les travaux sur la viande, il présente l'intérêt d'être relativement stable lors de la conservation. Il était prélevé au niveau des 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} côtes et tranché sous forme d'entrecôtes.
- Le circuit de conservation retenu pour ce travail est l'un des plus fréquemment rencontrés dans la pratique (circuit classique) : conservation de demi-gros / maturation sous vide et conservation de détail en barquette polystyrène sous film étirable. Plus précisément, la quantité de viande nécessaire à l'ensemble des analyses a été prélevée le lendemain de l'abattage puis conditionnée sous vide et conservée à 0/2°C pendant 7 à 9 jours. Le muscle a ensuite été tranché et conditionné en barquettes polystyrène sous film étirable perméable à l'air. Les barquettes ont alors été conservées jusqu'à la fin du suivi en alternant des phases de 12 heures à 0/2°C à l'obscurité ou à 7/8°C à la lumière artificielle afin de se rapprocher des conditions fréquemment rencontrées en linéaire de vente. Trois contrôles ont été effectués : 4, 5 et 6 jours après le tranchage mais la conservation de la viande étant assez médiocre, dans certains cas les contrôles ont été effectués 3, 4 et 5 jours après le tranchage. Pour chaque date de contrôle, 2 tranches de viande par animal étaient jugées pour tenir compte de la variabilité intramusculaire (les tranches étaient naturellement différentes à chaque contrôle en raison des manipulations).

Afin d'étudier la conservation de viandes issues d'animaux ayant reçu une supplémentation en graines de lin dans des conditions de conservation moins favorables, des suivis de DVR ont également été effectués avec un muscle plus fragile et/ou un circuit de conservation plus oxydant suivant les modalités ci-après.

- Le second muscle retenu était le Psoas Majeur (filet), muscle plus fragile que le Long Dorsal en terme de conservation, suffisamment volumineux pour réaliser l'ensemble des analyses et ayant une très bonne valeur commerciale.
- Le second circuit de conservation étudié (circuit oxydant) est un circuit également rencontré dans la pratique et faisant appel au conditionnement sous atmosphère enrichie en oxygène. Plus précisément, la quantité de viande nécessaire à l'ensemble des analyses a été prélevée le lendemain de l'abattage, emballée dans un film étirable puis conservée à 0/2°C pendant 1 journée. Le muscle a ensuite été tranché et conditionné en barquettes sous atmosphère riche en oxygène (70 % de O₂, 30 % de CO₂). Les barquettes ont alors été conservées jusqu'à la fin du suivi en alternant des phases de 12 heures à 0/2°C à l'obscurité ou à 7/8°C à la lumière artificielle. Pour ce circuit, 4 contrôles ont été effectués 3, 6, 9 et 12 jours après le tranchage.
- En raison de la lourdeur des analyses, l'étude de l'interaction muscle / circuit de conservation sur les DVR n'a pas été conduite pour tous les essais ni même pour tous les lots d'animaux. Pour 8 animaux des lots témoin et lin extrudé des essais « génisses Blondes d'Aquitaine de Mauron » et « vaches de réforme Charolaises de Jalogny », le schéma expérimental suivant a été mis en place :
 - Suivis DVR Long Dorsal (prélevé au niveau des 11^{ème}, 12^{ème} et 13^{ème} côtes – tranches de faux-filet) en circuit oxydant
 - Suivis DVR Psoas Majeur (coté tête du filet) en circuit classique
 - Suivis DVR Psoas Majeur (coté queue du filet) en circuit oxydant

Ces suivis ont été réalisés par le laboratoire d'analyse de l'Institut de l'Elevage à Villers-Bocage.

3.3.3 - Couleur

L'objectif de ces mesures de la couleur de la viande est d'apprécier son altération au cours de la conservation et donc d'étudier la forme d'oxydoréduction des pigments en surface afin de compléter les données de jugement visuel obtenus lors des suivis de DVR (cf. aptitude à la conservation). Pour cela, deux méthodes ont été utilisées conjointement.

- La colorimétrie avec le chromamètre CR-300 de Minolta
La couleur a été mesurée à l'aide du chromamètre (illuminant D₆₅) sur l'ensemble des tranches des suivis DVR (Long Dorsal et psoas Majeur), ½ heure après le tranchage, à raison de 3 mesures par tranche afin de tenir compte d'une éventuelle hétérogénéité de la couleur de surface. Pour chaque temps de contrôle des suivis DVR, 3 nouvelles mesures par tranche contrôlée ont été effectuées. Pour chaque tranche, seule la moyenne des 3 mesures est ensuite utilisée.
- La spectrophotométrie de réflectance
Des mesures de réflectance ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre afin de calculer la différence R₆₃₀ - R₅₈₀, hautement corrélée à la préférence d'un jury d'experts et à l'impression rouge vif donnée par la viande. Ces mesures étant destructives, seulement 2 mesures par animal et par muscle ont été effectuées lors du tranchage. Par ailleurs, pour chaque temps de contrôle des suivis DVR, 1 mesure par tranche contrôlée a été effectuée.

Ces mesures ont été réalisés par le laboratoire d'analyse de l'Institut de l'Elevage à Villers-Bocage.

3.3.4 - Oxydation des lipides

Afin de compléter les résultats obtenus lors des suivis de DVR, l'oxydation des lipides a été évaluée par le dosage des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (test TBA-RS). Pour chaque muscle ayant fait l'objet d'un suivi de DVR, 2 dosages ont été réalisés sur 2 échantillons d'environ 100 g prélevés lors du tranchage et lorsque le lot le plus fragile a atteint sa date limite de conservation. Les prélèvements ont été mis sous vide et congelés avant analyse.

Les analyses ont été effectuées en simple, suivant la méthode dite de Witte, par le laboratoire LAREAL.

3.3.5 - Qualités perçues en bouche

Les qualités des viandes perçues en bouche ont été appréciées par des dégustations comparatives.

Pour cela, pour une assiette donnée, un jury de 12 experts formés au produit viande positionne sur des échelles continues et non structurées de 0 (intensité nulle) à 100 (intensité maximale), chacun des morceaux qui lui est présenté (2 ou 3 morceaux par assiette) suivant les critères ci-après :

- flaveur, critère prioritaire dans cette étude,
- tendreté,
- jutosité,
- appréciation globale.

La flaveur est également appréciée sur une échelle hédonique² en 4 classes (note variant de 0 pour une flaveur jugée très désagréable à 3 pour une flaveur jugée agréable).

L'ensemble des muscles ayant fait l'objet de suivis de DVR ont été dégustés. Cependant, l'objet de cette étude étant de comparer intra essai les qualités perçues en bouche des viandes issues des différents traitements, les dégustations se sont déroulées intra essai, intra muscle, intra circuit de conservation. A l'instar du deuxième dosage de TBA-RS, les dégustations ont été réalisées lorsque la date limite de consommation du lot le plus fragile a été atteinte. Cependant, pour des raisons pratiques, une fois la date limite de conservation atteinte, les viandes ont été mises sous vide et congelées avant dégustation.

Les schémas de dégustation ont été les suivants :

- Pour les échantillons de Long Dorsal / circuit classique, 2 séances de dégustation ont été effectuées par essai au cours desquelles les animaux ont été comparés 3 par 3 selon le dispositif des blocs incomplets équilibrés (pour chaque séance de dégustation, chaque dégustateur déguste une fois chaque animal, il reçoit 4 assiettes de 3 bouchées provenant d'un animal de chacun des 3 lots).
- Pour les échantillons de Long Dorsal / circuit oxydant, Psoas Majeur / circuits classique et oxydant, 2 séances de dégustation de 8 animaux (4 du lot témoin et 4 du lot lin extrudé) ont été organisées par essai (soit 12 séances). Dans ce dispositif, les animaux ont été comparés 2 par 2 (chaque dégustateur déguste une fois chaque animal, il reçoit 4 assiettes de 2 bouchées provenant d'un animal du lot témoin et du lot lin extrudé).

Les dégustations se sont déroulées au laboratoire d'analyse de l'Institut de l'Élevage à Villers-Bocage dans une salle neutre, exempte de perturbations extérieures, où chaque dégustateur était isolé dans un box individuel. Les bouchées de viande étaient présentées en aveugle sur une assiette codée. Elles étaient servies à la même température, avec le même degré de cuisson (mini rôtis cuits à 57°C à cœur), sans aucun assaisonnement (ni matière grasse, ni sel, ...).

3.4 - Récapitulatif des mesures effectuées

Le tableau 2 ci-après récapitule les essais mis en place et les différentes analyses effectuées pour chacun d'eux.

4 - Analyses des résultats

Le traitement statistique des résultats a été effectué par le service Biométrie de l'Institut de l'Élevage. Les données ont été traitées par analyse de variance selon la procédure Mixed du logiciel SAS en incluant dans le modèle les facteurs « essais » et « lots ». Les résultats ont été corrigés de la multiplicité des tests.

² L'échelle hédonique de flaveur et l'appréciation globale ont été enregistrées à titre indicatif. En effet, un critère hédonique ne peut s'apprécier valablement qu'avec un jury de consommateurs et non avec un jury d'experts.

Tableau 2. Récapitulatif des essais mis en place et des mesures effectuées

Station expérimentale	Etablières		Mauron	Jalogny			<i>Total</i>
Race	Charolaise	Blonde d'Aquitaine		Charolaise			
Type d'animal	Jeune bovin	Jeune bovin	Génisse	Jeune bovin	Vache de réforme	Vache de réforme	
Ration de base	Céréales	Céréales	Ens. maïs + céréales	Ens. maïs + céréales	Ensilage maïs	Herbe	
Effectifs	2 lots de 12	3 lots de 12	3 lots de 12	3 lots de 14	3 lots de 14	1 lot de 14	194
Lots	Témoin / Lin extrudé	Témoin / Lin extrudé / Lin aplat				Herbe	
Profils d'acides gras							
Viande crue	8 par lot	10 par lot	10 par lot	10 par lot	10 par lot	12	148
Viande cuite			10 T / 10 Ex		10 T / 10 Ex		40
Aptitude à la conservation, couleur, TBA-RS, dégustation							
Long Dorsal Circuit classique		8 par lot	8 par lot	8 par lot	8 par lot		96 muscles¹
Long Dorsal Circuit oxydant			8 T / 8 Ex		8 T / 8 Ex		32 muscles²
Psoas Majeur Circuit classique			8 T / 8 Ex		8 T / 8 Ex		32 muscles²
Psoas Majeur Circuit oxydant			8 T / 8 Ex		8 T / 8 Ex		32 muscles²
<p>∅ Soit au total :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 194 animaux en essai, - 188 analyses d'acides gras, - 192 muscles dégustés, soit 20 séances de dégustation et 2304 bouchées dégustées, - 192 muscles faisant l'objet de suivis de DVR, soit 72 séances de notations et 1344 tranches notées, - 384 analyses de TBA-RS, - 1728 mesures de couleur au spectrophotomètre, - 8064 mesures de couleur au chromamètre. 							

T : lot témoin, Ex : lot lin extrudé.

¹ Chaque muscle conduit à 12 bouchées de dégustation, 6 tranches suivies en DVR, 2 analyses de TBA-RS, 8 mesures de couleur au spectrophotomètre, et 36 mesures de couleur au chromamètre.

² Chaque muscle conduit à 12 bouchées de dégustation, 8 tranches suivies en DVR, 2 analyses de TBA-RS, 10 mesures de couleur au spectrophotomètre, et 48 mesures de couleur au chromamètre.

RÉSULTATS

Les effets de la supplémentation en graines de lin sur les performances zootechniques ne sont pas rapportées dans ce document. En effet, il semblerait que les effets soient limités mais les résultats étant assez divergents entre les essais, ceux-ci méritent d'être affinés et validés par les essais conduits en 2004 avant d'en tirer des conclusions définitives.

1 - Qualités des carcasses

Les caractéristiques d'abattage des animaux produits dans les 5 essais sont présentées dans les tableaux 3 et 4.

Intra essai, il semblerait qu'il n'y ait pas de différence de poids de carcasses entre les différents traitements. Un écart de 30 kg de carcasse est observé entre le lot témoin et le lot lin aplati dans l'essai « jeunes bovins Charolais de Jalogny » sans toutefois que cet écart soit significatif. De même, aucune différence de conformation n'a été observée entre les différents traitements, ce qui était relativement attendu.

Concernant l'état d'engraissement, les notes d'état attribuées par l'abattoir ont été relativement voisines entre lots pour chaque essai. La pesée des gras d'abattage permet cependant d'être un peu plus précis. Le pourcentage de ces gras a été relativement voisin entre les lots, notamment dans les essais sur les jeunes bovins : +0,1 % entre lin extrudé et témoin et -0,1 % entre lin aplati et témoin dans l'essai « jeunes bovins Blonds d'Aquitaine des Etablières » ; +0,4 % entre lin extrudé et témoin dans l'essai « jeunes bovins Charolais des Etablières » ; aucune différence entre lin extrudé et témoin et +0,2 % entre lin aplati et témoin dans l'essai « jeunes bovins Charolais de Jalogny ». Les écarts sont un peu plus importants dans les essais sur les femelles : +0,5 % entre lin extrudé et témoin et +0,6 % entre lin aplati et témoin dans l'essai « génisses Blondes d'Aquitaine de Mauron » ; +0,2 % entre lin extrudé et témoin et +0,5 % entre lin aplati et témoin dans l'essai « vaches de réforme Charolaises de Jalogny ». Statistiquement, l'équivalence entre lots n'a pas été démontrée. Toutefois, en raison du test statistique utilisé, il n'est pas possible de conclure à une différence entre lots (le test statistique ne permet pas de contrôler le risque de conclure à une différence entre lots).

Par ailleurs, aucune dégradation de la qualité du gras de couverture n'a été observée dans les lots recevant du lin par rapport aux lots témoin. Le gras n'était ni plus coloré, ni plus mou et ne présentait aucune odeur particulière.

L'incidence d'un apport en finition de graines de lin extrudées ou aplaties sur les qualités des carcasses semble donc très limitée : le poids et le classement des carcasses ne sont pas modifiés ni même la qualité du gras de couverture. S'agissant de l'état d'engraissement apprécié par les quantités de gras enlevés à l'abattage, le dispositif n'a pas permis de conclure. Il n'est donc pas exclu d'avoir des carcasses un peu plus grasses avec un apport de lin, sans toutefois que cela se traduise par des écarts au niveau de la note d'état d'engraissement.

Tableau 3. Caractéristiques des carcasses des jeunes bovins

Essai	Jeunes bovins Blancs d'Aquitaine Les Etablières			Jeunes bovins Charolais Les Etablières		Jeunes bovins Charolais Jalogny		
	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Témoin	Lin extrudé	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati
Effectif	11	10	10	8	8	13	13	13
Age à l'abattage (j)	507 ± 21	507 ± 28	505 ± 25	502 ± 25	505 ± 31	608 ± 24	596 ± 29	607 ± 26
Poids vif à l'abattage (kg)	711 ± 28	701 ± 26	708 ± 52	747 ± 55	763 ± 55	723 ± 19	744 ± 23	755 ± 16
Poids de carcasse (kg)	448 ± 13	442 ± 21	445 ± 37	441 ± 31	435 ± 43	410 ± 14	435 ± 17	441 ± 14
Rendement à l'abattage (%)	63,1 ± 1,8	63,0 ± 1,6	62,9 ± 2,3	59,1 ± 2,9	57,6 ± 1,6	56,7 ± 1,6	58,4 ± 2,7	58,4 ± 1,4
Note de conformation ¹	14,1 ± 1,4	14,8 ± 1,1	14,4 ± 1,3	13,9 ± 0,8	13,3 ± 0,7	13,2 ± 0,8	13,5 ± 0,8	13,9 ± 0,5
Note d'état d'engraissement ²	5,8 ± 1,4	5,9 ± 1,4	5,3 ± 0,9	7,6 ± 1,1	8,0 ± 0	5,5 ± 1,1	5,7 ± 1,3	5,5 ± 1,1
Gras d'abattage								
- Gras de parage (kg)	1,2 ± 0,4	0,9 ± 0,4	0,9 ± 0,4	5,3 ± 0,9	4,9 ± 1,2	1,2 ± 1,0	0,9 ± 0,6	1,4 ± 0,7
- Gras de rognons (kg)	6,3 ± 2,9	6,6 ± 2,4	6,0 ± 2,5	7,7 ± 2,3	9,4 ± 2,1	4,0 ± 1,1	4,4 ± 1,2	4,9 ± 1,1
- Gras de bassin (kg)	1,6 ± 0,5	1,7 ± 0,3	1,6 ± 0,5	1,9 ± 0,6	2,2 ± 0,3	1,4 ± 0,5	1,5 ± 0,4	1,6 ± 0,4
- Gras total (kg)	9,1 ± 3,6	9,2 ± 3,1	8,5 ± 3,1	14,9 ± 3,4	16,6 ± 2,3	6,5 ± 2,4	6,8 ± 2,0	7,9 ± 1,8
(% pds carc.)	2,0 ± 0,8	2,1 ± 0,7	1,9 ± 0,7	3,4 ± 0,7	3,8 ± 0,6	1,6 ± 0,6	1,6 ± 0,5	1,8 ± 0,4

¹ Classement OFIVAL, U⁻ : 13 ; U⁺ : 14 ; ...

² Classement OFIVAL, 2⁻ : 5 ; 2⁺ : 6 ; ...

Tableau 4. Caractéristiques des carcasses des femelles

Essai	Génisses Blondes d'Aquitaine Mauron			Vaches de réforme Charolaises Jalogny			
	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Herbe
Effectif	12	12	12	13	14	14	13
Age à l'abattage (j)	943 ± 39	939 ± 48	952 ± 57				
Poids vif à l'abattage (kg)	708 ± 35	714 ± 40	691 ± 32	779 ± 40	788 ± 79	784 ± 67	812 ± 79
Poids de carcasse (kg)	431 ± 16	431 ± 24	423 ± 19	408 ± 27	408 ± 40	407 ± 35	415 ± 38
Rendement à l'abattage (%)	60,8 ± 2,0	60,4 ± 2,5	61,4 ± 2,1	52,4 ± 2,4	51,9 ± 1,8	52,0 ± 2,1	51,2 ± 1,0
Note de conformation ¹	15,0 ± 0,7	14,8 ± 0,7	14,8 ± 0,8	12,4 ± 0,9	12,1 ± 0,5	12,1 ± 0,7	12,1 ± 0,6
Note d'état d'engraissement ²	8,0 ± 0,0	7,8 ± 0,9	8,0 ± 0,0	8,4 ± 1,0	8,3 ± 0,8	8,3 ± 0,8	8,0 ± 0,0
Gras d'abattage							
- Gras de parage (kg)	3,7 ± 1,1	3,5 ± 1,8	3,0 ± 0,9	6,3 ± 2,4	7,2 ± 3,2	7,3 ± 2,6	6,2 ± 3,2
- Gras de rognons (kg)	10,0 ± 2,2	12,4 ± 2,4	12,8 ± 2,4	10,1 ± 2,7	10,4 ± 2,6	11,3 ± 2,8	9,5 ± 2,9
- Gras de bassin (kg)				2,1 ± 1,2	2,0 ± 0,9	2,2 ± 1,1	2,6 ± 0,8
- Gras total (kg)	13,7 ± 2,9	15,9 ± 3,6	15,8 ± 2,8	18,5 ± 5,1	19,6 ± 5,5	20,9 ± 5,2	18,3 ± 5,7
(% pds carc.)	3,2 ± 0,7	3,7 ± 0,9	3,8 ± 0,7	4,6 ± 1,4	4,8 ± 1,2	5,1 ± 1,2	4,4 ± 1,2

¹ Classement OFIVAL, R⁺ : 12 ; U⁻ : 13 ; ...

² Classement OFIVAL, 3⁻ : 7 ; 3⁼ : 8 ; ...

2 - Qualité des viandes à la coupe primaire

Les qualités des viandes appréciées à la coupe primaire sont le marbré (gras intermusculaire), le persillé (gras intramusculaire) et la couleur. Ces caractéristiques sont présentées dans les tableaux 5 et 6.

Intra essai, aucune différence significative de note de marbré ou de note de persillé n'a été observée entre lots. S'agissant de la couleur de la viande appréciée par notation visuelle, les viandes des lots lin n'apparaissent pas plus foncées que celles des lots témoin contrairement à une idée fréquemment répandue sur le terrain. Cependant, l'indice de rouge mesuré au chromamètre ne permet pas de conclure à l'équivalence entre lots. Par ailleurs, aucune différence de luminance (L^*) n'a été observée entre lots. Concernant l'indice de jaune (b^*), même si des différences ponctuelles entre lots peuvent être observées, cet indice n'est que très peu relié à la perception de la couleur par l'œil de l'homme.

La qualité des viandes appréciée à la coupe primaire semble peu influencée par l'apport de lin aux animaux. Les viandes n'apparaissent pas plus grasses ni plus rouges lors d'une appréciation visuelle. En revanche, le dispositif n'a pas permis de conclure quant à la mesure instrumentale de l'indice de rouge.

3 - Teneurs en lipides et profils d'acides gras des viandes

Les teneurs en lipides et compositions en acides gras du Long Dorsal frais figurent dans les tableaux 7 et 8.

La teneur en lipides du Long Dorsal cru a varié en moyenne de lot de 2 à 5 %. L'objectif d'avoir des animaux plus ou moins gras permettant de couvrir la plage de variation de la teneur en lipides de ce muscle a donc bien été atteint. Par ailleurs, intra essai, aucune différence de teneur en lipides entre lots n'a été mise en évidence.

S'agissant de la composition en acides gras, les teneurs en acide α -linoléique (C18:3 $n-3$) et plus globalement en acides gras $n-3$ ont été significativement plus élevées dans les lots lin que dans les lots témoin. La teneur en C18:3 $n-3$ des lots lin extrudé est globalement multipliée par 3 par rapport aux lots témoin. Elle se situe au même niveau que celle des viandes d'animaux finies à l'herbe. Celle des lots lin aplati est en revanche plus faible d'environ 30 %. Ceci pourrait provenir soit d'un accroissement de la disponibilité de l'huile avec l'aplatissage qui engendrerait une plus grande hydrogénation au niveau ruminal, soit au contraire d'une mauvaise libération de l'huile par un aplatissage insuffisant. Des mesures complémentaires sur les matières premières utilisées permettront de préciser ces hypothèses. Par ailleurs, le pourcentage de C18:3 $n-3$ des lots lin a été plus élevé chez les mâles que chez les femelles. Il était d'autant plus élevé que la teneur en lipides était faible. Ce résultat était attendu dans la mesure où les acides gras polyinsaturés sont principalement stockés dans les membranes cellulaires : plus la teneur en lipides des viandes est faible, plus leur importance relative augmente. En revanche, en s'intéressant aux teneurs en C18:3 $n-3$ exprimés en mg pour 100 g de produit frais, les quantités de C18:3 $n-3$ présentes dans les viandes des lots lin extrudés sont très voisines pour les mâles et les femelles (figure 1).

L'apport de lin dans la ration, permet dans le même temps de diminuer significativement le rapport AG $n-6$ / AG $n-3$, et ce quel que soit l'essai. Ce rapport est même inférieur à 5 – valeur recommandée

Tableau 5. Caractéristiques des viandes des jeunes bovins à la coupe primaire

Essai	Jeunes bovins Blancs d'Aquitaine Les Etablières			Jeunes bovins Charolais Les Etablières		Jeunes bovins Charolais Jalogny		
	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Témoin	Lin extrudé	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati
Effectif	10	10	10	8	8	12	13	13
Note de marbré ¹	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,4	1,1 ± 0,4	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
Note de persillé ²	3,2 ± 0,4	3,0 ± 0,0	3,1 ± 0,3	3,1 ± 0,4	3,5 ± 0,8	3,2 ± 0,4	3,1 ± 0,3	3,0 ± 0,0
Couleur de viande								
- Note de couleur ³	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	2,7 ± 0,7	2,5 ± 0,7	2,5 ± 0,5
- Luminance (L*) ⁴	45,2 ± 3,3	45,6 ± 3,3	44,7 ± 3,4	45,3 ± 3,4	44,0 ± 2,3	39,7 ± 2,6	42,2 ± 3,0	42,0 ± 2,4
- Indice de rouge (a*)	25,5 ± 1,2	26,1 ± 1,3	24,1 ± 1,5	23,0 ± 0,8	24,5 ± 1,6	24,3 ± 2,4	25,3 ± 2,8	24,7 ± 2,4
- Indice de jaune (b*)	11,4 ± 0,9	12,4 ± 1,0	10,3 ± 1,4	9,5 ± 0,6	10,6 ± 1,3	11,2 ± 2,7	12,7 ± 2,2	12,5 ± 2,4

¹ Grille Institut de l'Élevage : note variant de 1 pour une viande sans marbré à 5 pour une viande présentant des dégénérescences graisseuses.

² Grille USDA : note variant de 3 pour une viande sans aucune trace de gras à 12 pour une viande extrêmement grasse.

³ Grille de l'Institut de l'Élevage : note variant de 1 pour une viande rouge très claire à 4 pour une viande rouge foncé.

⁴ La couleur est décomposée suivant 3 paramètres : la luminance (L*) variant de 0 pour le noir à 100 pour le blanc, l'indice de rouge (a*) variant de -60 à +60 et l'indice de jaune (b*) variant de -60 à +60.

Tableau 6. Caractéristiques des viandes des femelles à la coupe primaire

Essai	Génisses Blondes d'Aquitaine Mauron			Vaches de réforme Charolaises Jalogny			
	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Herbe
Effectif	10	10	10	13	14	13	13
Note de marbré ¹	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,3	1,1 ± 0,3	1,8 ± 0,9	1,8 ± 0,7	2,1 ± 0,8	2,2 ± 1,0
Note de persillé ²	4,0 ± 0,7	3,9 ± 0,7	4,1 ± 0,9	4,5 ± 1,1	3,9 ± 1,0	4,4 ± 1,0	4,0 ± 1,0
Couleur de viande							
- Note de couleur ³	2,3 ± 0,5	2,2 ± 0,6	2,0 ± 0,5	3,3 ± 0,5	3,3 ± 0,5	3,2 ± 0,6	3,2 ± 0,6
- Luminance (L*) ⁴	42,9 ± 2,0	43,4 ± 2,7	43,5 ± 2,8	37,3 ± 1,4	37,7 ± 1,7	38,3 ± 1,7	38,3 ± 2,7
- Indice de rouge (a*)	30,4 ± 1,3	30,2 ± 1,2	30,4 ± 1,0	27,7 ± 1,6	28,6 ± 2,8	28,2 ± 2,3	29,9 ± 2,2
- Indice de jaune (b*)	16,3 ± 1,0	16,2 ± 0,8	16,1 ± 1,1	13,9 ± 1,1	14,4 ± 2,5	14,7 ± 1,4	15,3 ± 1,6

¹ Grille Institut de l'Élevage : note variant de 1 pour une viande sans marbré à 5 pour une viande présentant des dégénérescences grasses.

² Grille USDA : note variant de 3 pour une viande sans aucune trace de gras à 12 pour une viande extrêmement grasse.

³ Grille de l'Institut de l'Élevage : note variant de 1 pour une viande rouge très claire à 4 pour une viande rouge foncé.

⁴ La couleur est décomposée suivant 3 paramètres : la luminance (L*) variant de 0 pour le noir à 100 pour le blanc, l'indice de rouge (a*) variant de -60 à +60 et l'indice de jaune (b*) variant de -60 à +60.

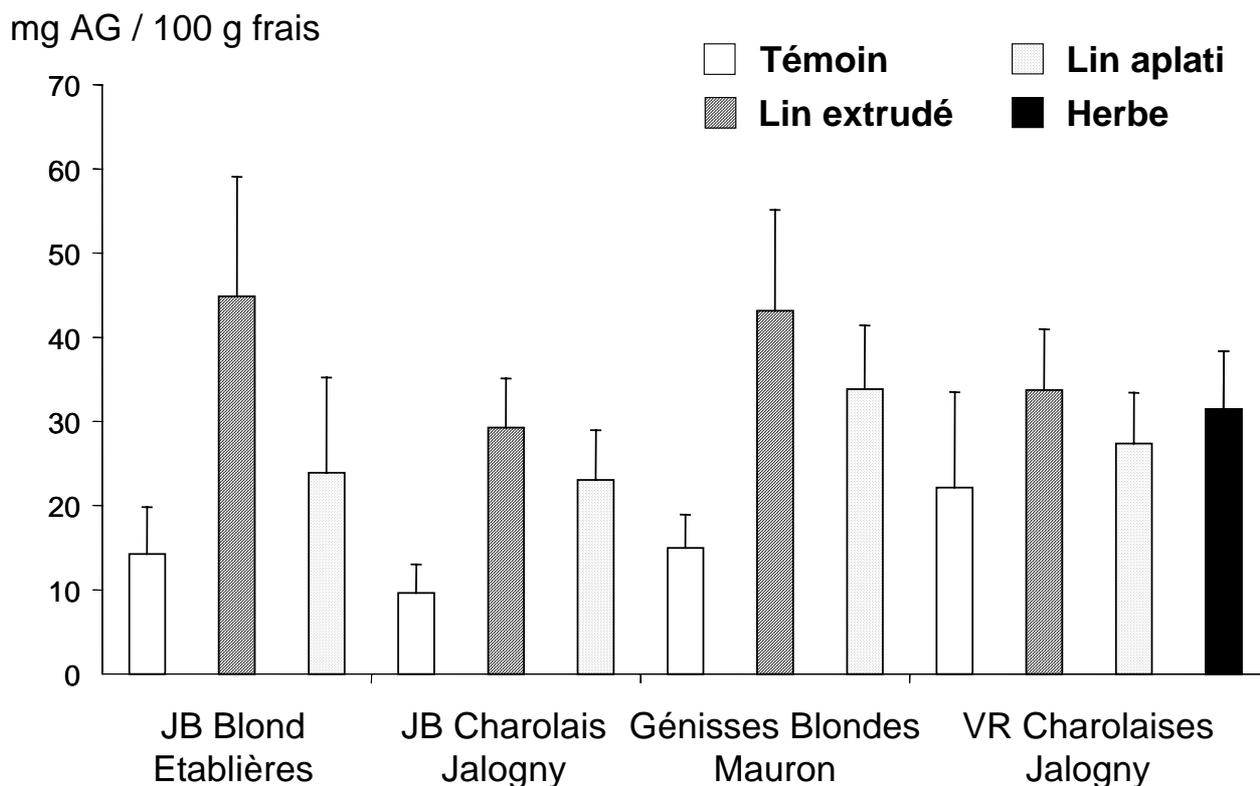
Tableau 7. Teneur en lipides et composition en acides gras du Long Dorsal cru pour les jeunes bovins

Essai	Jeunes bovins Blancs d'Aquitaine Les Etablières			Jeunes bovins Charolais Les Etablières		Jeunes bovins Charolais Jalogny		
	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Témoin	Lin extrudé	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati
Effectif	10	10	10	8	8	10	10	10
Teneur en lipides (% pds frais)	3,07 ± 1,28	3,25 ± 1,01	2,63 ± 1,73	3,18 ± 1,23	3,66 ± 1,98	2,38 ± 0,88	2,07 ± 0,84	2,42 ± 0,78
Composition en acides gras (% AG totaux)								
- AG saturés	46,7 ± 3,0	45,2 ± 1,0	43,7 ± 2,9	48,4 ± 1,6	47,1 ± 1,7	54,8 ± 3,0	48,9 ± 2,6	50,9 ± 1,9
- AG monoinsaturés	41,4 ± 2,3	41,7 ± 2,2	41,0 ± 2,7	42,9 ± 2,3	43,9 ± 2,0	35,8 ± 2,2	36,0 ± 3,2	37,2 ± 1,8
- AG polyinsaturés	11,9 ± 3,2	13,1 ± 2,1	15,3 ± 4,8	8,7 ± 2,2	9,0 ± 2,1	9,5 ± 2,8	15,2 ± 4,5	11,9 ± 1,9
- C18:3 n-3	0,54 ± 0,07	1,58 ± 0,29	1,17 ± 0,36	0,44 ± 0,05	0,98 ± 0,23	0,48 ± 0,09	1,87 ± 0,60	1,13 ± 0,13
- Σ AG n-3	0,95 ± 0,17	2,08 ± 0,39	1,91 ± 0,56	0,84 ± 0,21	1,46 ± 0,34	1,26 ± 0,36	3,22 ± 1,21	2,14 ± 0,40
- Σ AG n-6	10,03 ± 3,06	8,78 ± 1,77	11,15 ± 4,13	7,08 ± 2,05	6,26 ± 1,69	7,49 ± 2,46	9,74 ± 3,42	7,93 ± 1,48
- Σ AG n-6 / Σ AG n-3	10,51 ± 1,24	4,25 ± 0,67	5,75 ± 1,10	8,51 ± 0,68	4,34 ± 0,35	5,93 ± 0,80	3,07 ± 0,30	3,70 ± 0,17

Tableau 8. Teneur en lipides et composition en acides gras du Long Dorsal cru pour les femelles

Essai	Génisses Blondes d'Aquitaine Mauron			Vaches de réforme Charolaises Jalogny			
	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Témoin	Lin extrudé	Lin aplati	Herbe
Effectif	10	10	10	10	10	10	12
Teneur en lipides (% pds frais)	3,72 ± 1,11	3,79 ± 1,59	4,14 ± 1,05	4,91 ± 1,85	4,41 ± 1,24	4,87 ± 1,25	3,79 ± 0,73
Composition en acides gras (% AG totaux)							
- AG saturés	46,5 ± 1,2	45,3 ± 1,5	45,5 ± 2,0	51,5 ± 2,6	50,9 ± 1,8	50,3 ± 1,0	49,2 ± 1,9
- AG monoinsaturés	46,4 ± 1,4	45,1 ± 2,5	46,1 ± 2,4	43,1 ± 2,7	42,3 ± 2,4	43,5 ± 1,1	44,2 ± 2,0
- AG polyinsaturés	7,2 ± 1,3	9,6 ± 2,2	8,4 ± 1,4	5,4 ± 1,1	6,7 ± 1,0	6,2 ± 0,8	6,7 ± 0,8
- C18:3 <i>n-3</i>	0,50 ± 0,08	1,28 ± 0,26	0,91 ± 0,16	0,49 ± 0,13	0,86 ± 0,13	0,63 ± 0,11	0,92 ± 0,10
- Σ AG <i>n-3</i>	1,21 ± 0,26	2,12 ± 0,54	1,67 ± 0,32	1,01 ± 0,23	1,51 ± 0,32	1,22 ± 0,20	1,86 ± 0,22
- Σ AG <i>n-6</i>	4,80 ± 1,01	4,97 ± 1,35	4,59 ± 0,92	3,40 ± 0,93	3,65 ± 0,84	3,38 ± 0,58	3,41 ± 0,52
- Σ AG <i>n-6</i> / Σ AG <i>n-3</i>	3,98 ± 0,46	2,36 ± 0,10	2,75 ± 0,13	3,41 ± 0,70	2,50 ± 0,50	2,75 ± 0,23	1,83 ± 0,14

Figure 1. Teneur du Long Dorsal frais en C18:3 n-3 (en mg / 100 g)



par les nutritionniste pour ce rapport – dans tous les cas excepté dans le lot lin aplati de l’essai « jeunes bovins Blancs d’Aquitaine des Etablières » ($AG\ n-6 / n-3 = 5,75$). Il faut toutefois noter, que ce rapport était déjà inférieur à 5 dans les lots témoin des femelles sans doute en raison de l’historique alimentaire de ces animaux (saisons au pâturage, alimentation à base de foin, ...).

Par ailleurs, les analyses conjointes sur le Long Dorsal cuit n’ont pas montré de modifications majeures dans la composition en AG par rapport aux analyses sur le Long Dorsal cru. La cuisson n’a pas eu d’effet sur la teneur en acides gras polyinsaturés (tableau 9). Le consommateur de viande cuite bénéficierait donc bien de l’enrichissement en acides gras $n-3$ induit par l’apport de lin aux animaux.

D’un point de vue nutritionnel, l’apport de lin aux animaux a donc des conséquences bénéfiques sur la composition en acides gras des viandes. Avec un apport de 750 g de graines de lin extrudées pendant les 100 derniers jours de finition des animaux, la teneur en C18:3 $n-3$ est multipliée par 3. De ce point de vue, ce type de finition est équivalent à une finition avec de l’herbe jeune. Cependant, en regard des apports journaliers recommandés (AJR, 2 g/j de C18:3 $n-3$) cette incidence reste assez modeste. En effet, un steak provenant d’un animal ayant reçu 750 g graines de lin extrudées pendant les 100 derniers jours de sa finition couvre environ 3 % des AJR contre seulement 0,7 % pour un steak « témoin ». Dans le même temps, l’apport de lin permet de diminuer le rapport $AG\ n-6 / AG\ n-3$, le rendant ainsi plus conforme aux recommandations nutritionnelles. Avec l’utilisation de graines de lin aplaties, le bénéfice est un peu atténué dans la mesure où l’enrichissement des viandes en C18:3 $n-3$ est inférieur d’environ 30 % à celui observé avec la graine de lin extrudée.

Tableau 9. Teneur en lipides et composition en acides gras du Long Dorsal cru et cuit

Essai	Génisses Blondes d'Aquitaine Mauron				Vaches de réforme Charolaises Jalogny			
	Viande crue		Viande cuite		Viande crue		Viande cuite	
Lot	Témoin	Lin extrudé	Témoin	Lin extrudé	Témoin	Lin extrudé	Témoin	Lin extrudé
Effectif	10	10	10	10	10	10	10	12
Teneur en lipides (% pds frais)	3,72 ± 1,11	3,79 ± 1,59	3,76 ± 0,8	4,02 ± 1,6	4,91 ± 1,85	4,41 ± 1,24	6,1 ± 2,5	5,9 ± 1,5
Composition en acides gras (% AG totaux)								
- AG saturés	46,5 ± 1,2	45,3 ± 1,5	45,8 ± 1,6	45,0 ± 1,5	51,5 ± 2,6	50,9 ± 1,8	51,1 ± 2,5	50,7 ± 2,0
- AG monoinsaturés	46,4 ± 1,4	45,1 ± 2,5	46,4 ± 1,5	44,7 ± 2,5	43,1 ± 2,7	42,3 ± 2,4	43,6 ± 2,8	42,8 ± 2,7
- AG polyinsaturés	7,2 ± 1,3	9,6 ± 2,2	8,0 ± 1,2	10,5 ± 2,3	5,4 ± 1,1	6,7 ± 1,0	5,4 ± 1,2	6,5 ± 0,9
- C18:3 <i>n-3</i>	0,50 ± 0,08	1,28 ± 0,26	0,52 ± 0,06	1,35 ± 0,29	0,49 ± 0,13	0,86 ± 0,13	0,48 ± 0,09	0,84 ± 0,13
- Σ AG <i>n-3</i>	1,21 ± 0,26	2,12 ± 0,54	1,44 ± 0,24	2,51 ± 0,64	1,01 ± 0,23	1,51 ± 0,32	1,02 ± 0,26	1,43 ± 0,27
- Σ AG <i>n-6</i>	4,80 ± 1,01	4,97 ± 1,35	5,35 ± 1,03	5,59 ± 1,53	3,40 ± 0,93	3,65 ± 0,84	3,47 ± 1,02	3,50 ± 0,69
- Σ AG <i>n-6</i> / Σ AG <i>n-3</i>	3,98 ± 0,46	2,36 ± 0,10	3,73 ± 0,44	2,22 ± 1,60	3,41 ± 0,70	2,50 ± 0,50	3,37 ± 0,61	2,48 ± 0,15

4 - Qualités des viandes perçues en bouche

Les qualités des viandes perçues en bouche sont la flaveur, la tendreté et la jutosité, la flaveur étant le critère principal dans cette étude.

Les dégustations réalisées sur le muscle Long Dorsal conservé en circuit classique ont permis de conclure à une équivalence des lots intra essai en terme de flaveur des viandes (figure 2). L'apport d'acides gras polyinsaturés plus sensibles aux phénomènes d'oxydation ne s'est donc pas traduit par l'apparition de saveurs rances plus soutenues dans les lots lin.

En terme de tendreté (figure 3) et de jutosité, quelques écarts entre lots ont été observés mais sans être répétables d'un essai à l'autre. Ces écarts semblent davantage liés à la teneur en lipides des viandes, les viandes les plus grasses semblant également être les plus tendres. Statistiquement, l'équivalence entre lots n'a pas été démontrée. Mais comme précédemment, en raison du test statistique utilisé, il n'est pas possible de conclure à une différence entre lots.

Par ailleurs, les résultats n'ont pas été influencés par le type de muscle étudié (Long Dorsal ou Psoas Majeur) ou par le circuit de conservation (classique ou oxydant).

Il semblerait que l'apport de lin, malgré un enrichissement des viandes en acides gras polyinsaturés, n'ait pas d'incidence sur la flaveur des viandes. En revanche, bien que les écarts soient relativement faibles, le dispositif n'a pas permis de conclure pour la tendreté et la jutosité.

Figure 2. Flaveur perçue en bouche pour le Long Dorsal conservé en circuit classique

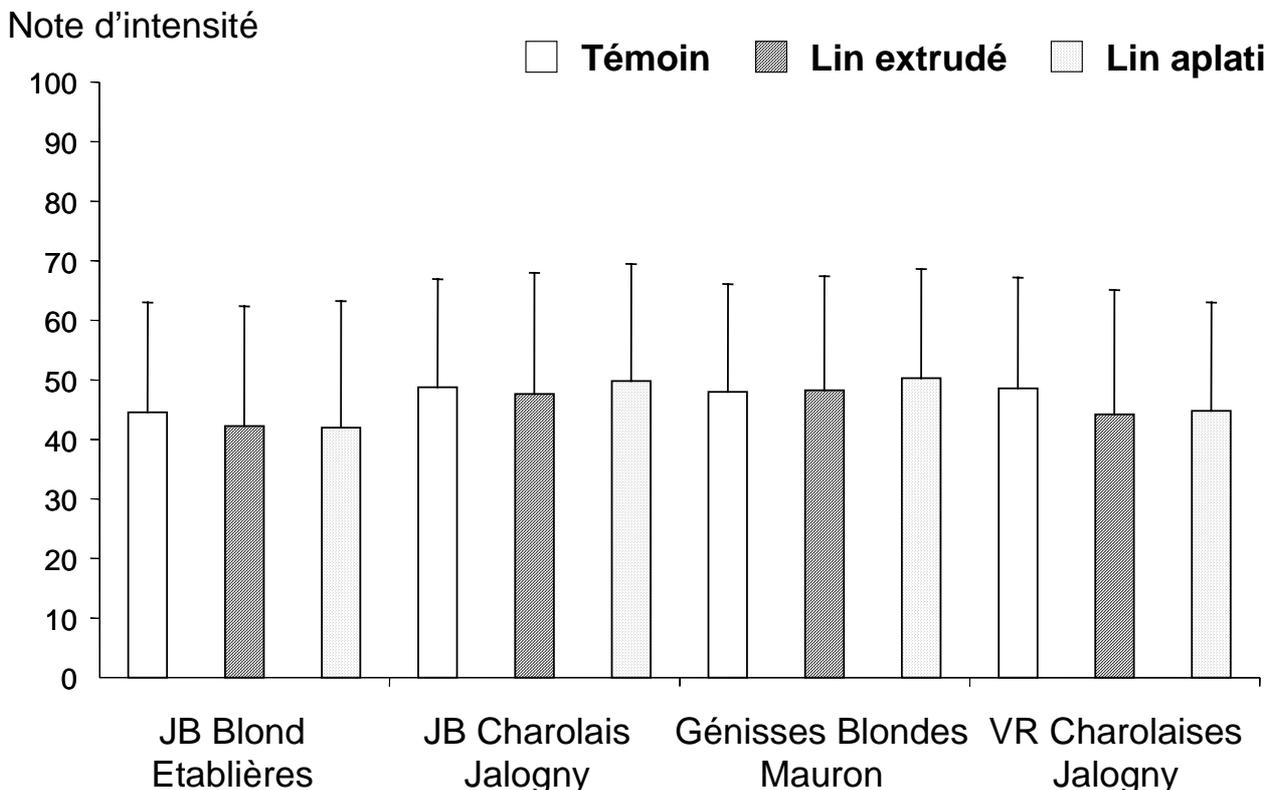
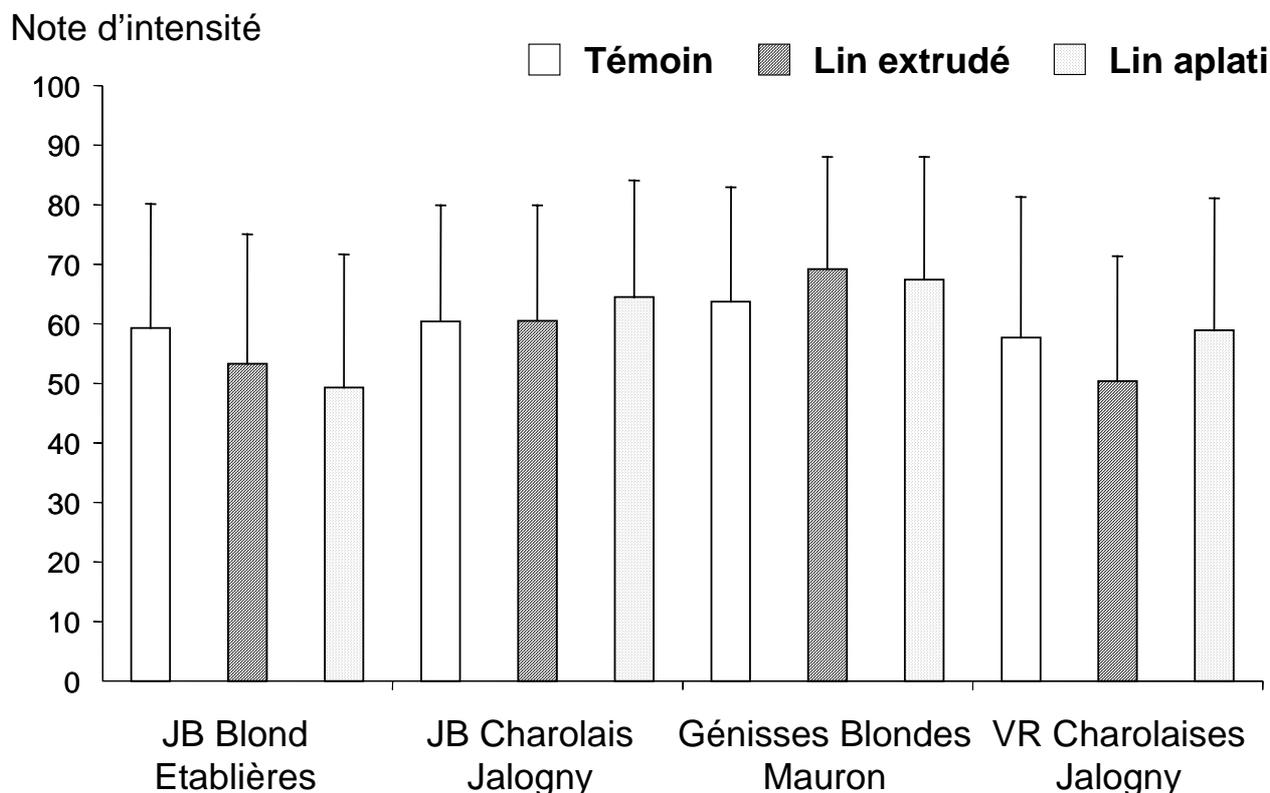


Figure 3. Tendreté perçue en bouche pour le Long Dorsal conservé en circuit classique



5 - Aptitude à la conservation des viandes

Les résultats concernant l'aptitude à la conservation des viandes n'ont pas été dépouillés. Les premiers éléments semblent toutefois indiquer qu'un apport de lin en finition n'ait qu'une incidence limitée sur la conservation des viandes. Quels que soient le muscle et le circuit de conservation étudiés, la durée de conservation des viandes enrichies en AG $n-3$ semble identique à celles des lots témoin. Ceci devra cependant être confirmé avec lorsque la totalité des résultats auront été analysés.

CONCLUSION

Le premier volet de ce travail avait pour objectif de préciser les effets d'un apport de graines de lin dans la ration de finition des animaux sur les qualités nutritionnelles des viandes d'une part mais également sur les autres qualités des carcasses et des viandes en s'intéressant principalement à la forme de présentation du lin (extrudé ou aplati).

D'un point de vue nutritionnel, l'apport de lin aux animaux induit une modification de la composition en acides gras des viandes. Avec un apport de 750 g de graines de lin extrudées pendant les 100 derniers jours de finition des animaux, la teneur en C18:3 *n-3* est multipliée par 3. De ce point de vue, ce type de finition est équivalent à une finition avec de l'herbe jeune. Dans le même temps, l'apport de lin permet de diminuer le rapport AG *n-6* / AG *n-3*, le rendant ainsi plus conforme aux recommandations nutritionnelles (inférieur à 5). Avec l'utilisation de graines de lin aplaties, le bénéfice est un peu atténué dans la mesure où l'enrichissement des viandes en C18:3 *n-3* est inférieur d'environ 30 % à celui observé avec la graine de lin extrudée. Cependant, ce bénéfice doit être relativisé par rapport aux apports journaliers recommandés. En effet, un steak provenant d'un animal ayant reçu 750 g graines de lin extrudées pendant les 100 derniers jours de sa finition couvre environ 3 % des apports recommandés contre seulement 0,7 % pour un steak « témoin ».

L'incidence d'un apport de lin en finition semble en revanche beaucoup plus modeste sur les autres qualités des carcasses et des viandes. Le poids et le classement des carcasses ne semblent pas modifiés par un apport de lin, ni même la qualité du gras de couverture. S'agissant de l'état d'engraissement apprécié par les quantités de gras enlevés à l'abattage, le dispositif n'a pas permis de conclure. De même, la qualité des viandes appréciée à la coupe primaire est peu influencée par l'apport de lin aux animaux : les viandes n'apparaissent ni plus grasses ni plus rouges lors d'une appréciation visuelle. En terme de qualités perçues en bouche, l'apport de lin, malgré un enrichissement des viandes en acides gras polyinsaturés, n'a pas d'incidence sur la flaveur des viandes, quel que soient le muscle (Long Dorsal ou Psoas Majeur) et le circuit de conservation étudiés. En revanche, le dispositif n'a pas permis de conclure pour la tendreté et la jutosité. Il semblerait donc que certains défauts (rancissement plus important de la viande, mauvaise conservation, viande plus grasse, ...) ou certaines qualités (viande plus rouge, ...) attribués au lin ne soient pas totalement justifiés.

S'agissant de premiers résultats, ils devront naturellement être confirmés par les dernières analyses et par les résultats obtenus dans la seconde série d'essai mis en place en 2004 avant de pouvoir réellement conclure.

BIBLIOGRAPHIE

AFZ – INRA, 2002, Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage, SAUVANT D., PEREZ J,M., TRAN G, Eds, INRA Editions, Paris, 301 p,

BASTIEN D., 2001, Caractérisation des viandes de jeunes bovins Charolais complémentés en graine de lin extrudée, Compte rendu Institut de l'Elevage n° 2013216, 6 p,

BRUNSCHWIG P., KERNEN P., WEILL P., 1997, Effets de l'apport de concentré enrichi en acides gras poly-insaturés sur les performances de vaches laitières à l'ensilage de maïs, Renc, Rech, Ruminants, 4, 361,

CADOT M., COLIN G., CHATELIN Y,M., TRIBOT-LASPIERE P., 1998, Utilisation de deux qualités de tourteau de lin pour l'engraissement de jeunes bovins Montbéliards, Compte rendu Institut de l'Elevage n° 9983201, 37 p,

CHILLIARD Y., FERLAY A., MANSBRIDGE R,M., DOREAU M., 2000, Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids, Ann, Zootech., 49, 181-205,

DOREAU M., CHILLIARD Y., 1997, Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals, Br, J, Nutr., 78, S15-S35,

FRENCH P., STANTON C., LAWLESS F., O'RIORDAN E,G., MONAHAN F,J., CAFFREY P,J., MOLONEY A,P., 2000, Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets, J, Anim, Sci., 78, 2849-2855,

GANDEMER G., 2000, Lipides et arôme des produits animaux : l'exemple de la viande, CAAA du 4 mai 2000, 20 p,

MARMER W,N., MAXWELL R,J., WILLIAMS J,E., 1984, Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles, J, Anim, Sci., 59, 109-121,

MARTIN A., 2001, Apports nutritionnels conseillés pour la population française, 3^{ème} édition, Tec & Doc Lavoisier,

MORAND-FEHR P., TRAN G., 2001, La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale, INRA Productions Animales, 14, 285-302,

RENAUD S., DE LORGERIL M., DELAYE J., GUIDOLLET J., JACQUARD F., MAMELLE N., MARTIN J,L., MONJAUD I., SALEN P., TOUBOL P., 1995, Cretan Mediterranean diet for prevention of coronary heart disease, Am, J, Clin, Nutr., 61, 1360S-1367S,

WILLIAMS C,M., 2000, Dietary fatty acids and human health, Ann, Zootech., 49, 165-180,

WOOD J,D,, ENSER M,, 1997, Factors influencing fatty acids in meat and the role of anti-oxidants in improving meat quality, Br, J, Nutr,, 78, S49-S60,

WOOD J,D,, ENSER M,, FISHER A,, NUTE G,R,, RICHARDSON R,I,, SHEARD P,, 1999, Manipulating meat quality and composition, Proc, Nutr, Soc,, 58, 363-370,