

# **Importance qualitative et quantitative des produits issus de bovins au pâturage sur les apports nutritionnels et la santé du consommateur**

M. Duru<sup>1</sup>, D. Bastien<sup>2</sup>, E. Froidmont<sup>3</sup>, B. Graulet<sup>4</sup>, D. Gruffat<sup>4</sup>

1 : INRA, UMR 1248 AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan (France) ; Université Toulouse, INPT, UMR AGIR, F-31029 Toulouse (France) ; michel.duru@inra.fr

2 : Institut de l'Élevage (Idele), Monvoisin, BP 85225, F-35652 Le Rheu (France)

3 : CRA-W, Unité Nutrition animale et Durabilité, B-5030 Gembloux (Belgique)

4 : UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont Université, Université de Lyon, F-63122 Saint-Genès-Champanelle (France)

## **Résumé**

Le lait et la viande contribuent à la santé du consommateur en lui fournissant des acides gras essentiels (oméga-3), des polyphénols, des vitamines et des caroténoïdes, certains d'entre eux ayant un rôle d'antioxydants. Les produits animaux sont des sources d'apport significatives de certains de ces nutriments, en particulier lorsque les ruminants sont dans un système maximisant le pâturage.

Après avoir synthétisé les connaissances concernant l'effet des acides gras essentiels, vitamines et polyphénols contenus dans les produits de ruminants sur la santé humaine, nous avons évalué leur apport par le lait (et les laitages) ainsi que les viandes pour un régime alimentaire moyen. Nous montrons ensuite qu'une alimentation à l'herbe chez le ruminant permet d'obtenir du lait ou de la viande plus riches en oméga 3, en vitamines A, E, B<sub>2</sub>, B<sub>9</sub>, en caroténoïdes et en dérivés phénoliques, mais plus pauvres en vitamine B<sub>12</sub>, qu'un régime plus énergétique à base de maïs et/ou de céréales. Pour la viande, il est nécessaire que l'alimentation soit à base d'herbe environ les trois derniers mois avant l'abattage. Les légumineuses (et autres dicotylédones) et l'herbe conservée sous forme de foin et d'ensilage tendent respectivement à renforcer et atténuer les atouts d'une alimentation basée sur le pâturage de graminées. Nous estimons qu'environ 30 % du lait est produit dans des systèmes herbagers et que, globalement, tous systèmes confondus, 45 % du lait provient d'une alimentation à l'herbe. Pour la viande, environ 25 % proviendrait d'une finition à base d'herbe, mais cette évaluation est entachée d'une grande incertitude. Si la consommation de produits issus de ruminants alimentés à l'herbe peut augmenter significativement les apports en acides gras essentiels et en micronutriments, ce n'est pas suffisant pour atteindre la plupart des valeurs recommandées lorsqu'elles sont connues.

## **Introduction**

Chez l'Homme, l'alimentation apporte des macronutriments qui fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'organisme (glucides et certains lipides), des composés essentiels (acides aminés, acides gras polyinsaturés) qui ne peuvent être synthétisés par l'organisme, et des micronutriments (vitamines, caroténoïdes et polyphénols), indispensables au bon fonctionnement de l'organisme par leurs rôles d'antioxydants, de régulateurs de voies métaboliques ou de grandes fonctions biologiques. Des apports insuffisants persistants en ces nutriments contribuent au développement d'un vaste éventail de maladies chroniques : maladies cardio-vasculaires, certaines formes de cancer et d'obésité, maladies du cerveau (Alzheimer, certaines formes de dépression), diabète de type 2.... D'une manière générale, il est considéré que nous consommons trop de calories vides (TROESCH *et al.*, 2015), d'acides gras saturés et d'oméga-6 (ANSES, 2015), ainsi que trop de protéines animales en comparaison des protéines végétales (GUEGUEN *et al.*, 2016), mais pas suffisamment de certains acides gras essentiels et micronutriments (ANSES, 2016).

Les denrées animales constituent des aliments denses en énergie et en nutriments, avec des protéines généralement plus digestibles que les légumineuses (TOME, 2012) et ils apportent des éléments comme le fer, le zinc et le sélénium, qui sont plus biodisponibles que ceux contenus dans les produits végétaux (PEREIRA et VICENTE, 2013). Cependant, la composition du lait et de la viande en micronutriments et acides gras essentiels dépend beaucoup des systèmes d'alimentation.

De nombreuses publications montrent qu'une alimentation des ruminants à l'herbe, en particulier lorsqu'elle est pâturée, est une source plus importante en micronutriments et acides gras essentiels en comparaison d'une alimentation à base de céréales ou d'ensilage de maïs. De même, il est montré des différences de composition des produits animaux selon les espèces végétales composant la prairie. Cependant, très souvent, les effets de la composition des produits animaux sur la santé humaine ne sont mentionnés que comme justificatifs aux études portant sur l'alimentation des animaux, sans examiner leur contribution à l'alimentation humaine si bien qu'il est difficile de savoir s'il y a un véritable enjeu nutritionnel à améliorer la composition des produits animaux.

Dans une première partie, nous examinerons l'impact sur la santé des acides gras essentiels et des micronutriments les plus spécifiques aux produits animaux (bovins principalement), en nous focalisant sur les acides gras polyinsaturés (AGPI) ainsi que les vitamines et les polyphénols. Dans une deuxième partie, nous ferons une synthèse des effets des régimes alimentaires sur la composition des produits en distinguant d'abord les régimes à l'herbe par rapport aux autres, puis nous préciserons les différences entre herbe pâturée et conservée, ainsi que l'effet de la composition botanique des prairies (présence de légumineuses et autres dicotylédones). Dans une troisième partie, nous estimerons l'offre en produits animaux selon qu'ils sont alimentés ou non à l'herbe. A ce jour, cette estimation n'est pas connue, en particulier pour la viande, car cela revient à connaître le mode de finition pour les différents types de produits avant l'abattage. Ces résultats seront discutés en dernière partie pour préciser les enjeux d'une alimentation des ruminants à l'herbe en regard de préoccupations de santé humaine.

## **1. Impacts sur la santé humaine des acides gras et des micronutriments contenus dans le lait et la viande**

Les acides gras essentiels et les micronutriments peuvent être classés selon i) qu'ils sont indispensables ou non à notre santé, ii) ou leur degré de criticité (importance du déficit dans notre alimentation). C'est avec ce regard que nous examinons successivement les acides gras polyinsaturés, puis les vitamines et les composés phénoliques.

### **– Les acides gras polyinsaturés**

Deux familles d'AGPI sont à distinguer : les omégas-3 dont l'acide alpha-linolénique (ALA en anglais) qui est le précurseur des acides docosahexaénoïque (DHA) et eicosapentaénoïque (EPA), omégas-3 à très longue chaîne, et les omégas-6 (acide linoléique (LA) principalement)<sup>1</sup>. La consommation d'ALA et de LA par l'homme est indispensable car une synthèse endogène n'est pas possible. Ce sont donc des nutriments essentiels. Les sources courantes en AGPI dans notre alimentation sont les produits animaux, les huiles végétales et les poissons. Pour un apport énergétique de 2 200 kcal, les apports recommandés en LA et ALA pour des adultes ont respectivement été fixés à 9 et 1,8 g/j en moyenne, et à 250 mg/j pour l'EPA et 250 mg pour le DHA (ANSES, 2011). Le rapport LA/ALA est important à considérer compte tenu de la compétition entre les deux familles pour la synthèse et la disponibilité de l'EPA et du DHA, et ce dès lors que les apports en ALA, EPA et DHA ne sont pas satisfaits (LEGRAND, 2013). Pour cette raison, selon certains auteurs, il est recommandé d'avoir un rapport LA/ALA inférieur à 5 (ANSES, 2011), et pour d'autres aussi proche que possible de 3 (BENBROOK *et al.*, 2013), voire de 1 (YANG *et al.*, 2016). Selon les données de L'ANSES (2015), notre alimentation est très déficitaire pour l'ALA, l'EPA et le DHA, et le ratio LA/ALA est environ le double de celui recommandé (Tableau 1).

---

<sup>1</sup> Notons que les recherches en sciences animales désignent les AGPI le plus souvent de la manière suivante (AGPI n-3 ou n-6) alors que les nutritionnistes parlent des omégas-3 ou 6 ; ceci ne facilite pas la mise en relation des résultats portant sur l'alimentation des animaux avec la composition de notre assiette

Le lait et les laitages contribuent plus que la viande aux apports en LA et ALA. S'agissant des produits laitiers, l'apport correspond à environ 5 % des recommandations pour le LA et l'ALA (soit 10 % des apports pour l'ALA). La contribution est plus modeste pour l'EPA et surtout le DHA. Le rapport LA/ALA est proche, pour le lait, ou supérieur, pour la viande, aux recommandations (Tableau 1).

Les acides linoléiques conjugués (CLA) sont une famille d'au moins 28 isomères du LA qui se retrouvent spécialement dans la viande et les produits laitiers provenant de ruminants. A partir de ces données, des doses bien supérieures à l'apport moyen actuel (0,21 g/j), allant de 0,6 à 3,2 g CLA/j ont été recommandées par certains auteurs (SIURANA et CALSAMIGLIA, 2016).

**TABLEAU 1 – Recommandations et apports en différents AGPI et contribution des produits animaux aux apports selon deux méthodes d'estimation.**

Produits		LA (g)	ALA (g)	Rapport LA/ALA	EPA (mg)	DHA (mg)
Recommandations (ANSES, 2011)		9	1,8	5	250	250
Apports calculés à partir d'estimations par l'enquête Inca 2 (ANSES, 2015) *	Totaux	8,62	0,9	9,6	101	137
	Lait et laitages	0,30	0,08	3,9	5,2	0,8
	Viande bovine, ovine et porcine**	0,24	0,03	8	2,5	0,45
Apports calculés à partir de bases de données (DURU et MAGRINI, 2016)	Lait et laitages	0,41	0,09	4,5	nd	nd
	Viande bovine, ovine et porcine	0,30	0,03	10		

\*ces données n'incluent pas le beurre dans les pâtisseries, le lait et la viande dans les plats préparés ;

\*\* le porc, hors charcuterie, n'est pas distingué des viandes rouges

nd : non déterminé

Les recherches cliniques et en épidémiologie ont permis de progresser fortement sur la connaissance de l'impact santé des AGPI. L'insuffisance en oméga-3 et/ou un déséquilibre entre LA et ALA contribuent à nombre de maladies chroniques telles que le diabète de type 2, certains cancers et certaines formes d'obésité, l'arthrite, l'asthme et les maladies cardiovasculaires, ainsi que certaines maladies du cerveau (dépression, Alzheimer, Parkinson) (CALDER, 2013 ; MOLFINO *et al.*, 2014). Les dérivés des oméga-6 et oméga-3 ont respectivement des rôles pro-inflammatoires et anti-inflammatoires (PATTERSON *et al.*, 2012). En outre, le CLA (C18:2 cis-9 trans-11), un AG fabriqué par les ruminants, est potentiellement bénéfique pour l'homme en termes de prévention et/ou de traitement de pathologies sévères (SALTER, 2013). Les CLA ont le potentiel de protéger contre l'athérosclérose, le cancer, le diabète sucré de type II, de réguler l'immunité et de moduler la composition corporelle comme les oméga-3, mais la plupart de ces effets n'ont été démontrés que sur des modèles animaux et à des doses thérapeutiques.

## – Les vitamines

Les vitamines sont des substances nécessaires à notre organisme puisqu'elles agissent au niveau de certaines grandes fonctions (vision, croissance, reproduction, immunité...) et dans l'ensemble des métabolismes intracellulaires. Il est désormais établi qu'une carence vitaminique modérée est à relier à des troubles immunitaires (fonctions de défense de l'organisme), et favorise l'apparition, liée à l'âge, de processus comme le syndrome métabolique, l'ostéoporose, la démence, l'athérosclérose, les maladies cardiovasculaires et certains cancers (GRAULET, 2014 ; GRAULET et GIRARD, sous presse). Les données issues d'études épidémiologiques aux Etats-Unis, aux Pays-Bas, en Allemagne et au Royaume-Uni montrent la prévalence des apports inférieurs aux recommandations dans la population (TROESH *et al.*, 2012). Les vitamines liposolubles A, D et E ainsi que la vitamine B<sub>9</sub> sont particulièrement concernées avec plus de 75 % de la population dont les apports sont inférieurs aux recommandations.

Les produits de ruminants apportent l'ensemble des 13 vitamines, en des proportions et des niveaux d'apports variables par rapport aux recommandations (Tableau 2). Les produits de ruminants, laitiers en particulier, sont parmi les contributeurs principaux aux apports en vitamines A, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>12</sub> (INCA 2) dans l'alimentation humaine (COUDRAY, 2011), la vitamine B<sub>12</sub> occupant une place à part car elle n'est pas fournie par les produits végétaux. A noter que l'état des connaissances

sur les teneurs en vitamines des produits laitiers est assez faible puisque les grands facteurs de variation ne sont connus que pour certaines d'entre elles (vitamines A et E surtout). Les connaissances sont moindres pour les produits carnés. Les données présentées dans les tables de composition des aliments résultent d'un nombre très limité de déterminations expérimentales.

**TABLEAU 2 – Recommandations nutritionnelles en vitamines chez l'adulte** (Source : ANC pour la population française, 3<sup>ième</sup> édition, Ambroise Martin, Editions Tec DOC, Lavoisier Paris), **apports totaux estimés dans la population française** (étude INCA 2), **contribution du lait de vache aux apports conseillés** (FERLAY *et al.*, 2013).

	Recommandations (ANSES, 2016)	Apports journaliers totaux (INCA 2)	Concentrations dans le lait de vache (µg/l) (FERLAY <i>et al.</i> , 2013)		Contribution aux ANC de la consommation de 250 ml de lait de vache (%)	
			min	max	min	max
<b>A</b>	600-800 µg/j (ER)	980 µg/j (ER)	295	520	9,2	21,7
<b>D</b>	5 µg/j	2,6 µg/j	0,30	10,00	1,5	50,0
<b>E</b>	12 mg/j	11,5 mg/j	700	1100	1,5	2,3
<b>K</b>	45 µg/j	-	7,5	37,6	4,2	20,9
<b>B<sub>1</sub></b>	1,1-1,3 mg/j	1,2 mg/j	300	450	5,8	10,2
<b>B<sub>2</sub></b>	1,5-1,6 mg/j	1,9 mg/j	1600	1750	25,0	29,2
<b>B<sub>3</sub></b>	11-14 mg/j (EN)	18,7 mg/j	800	955	1,4	2,2
<b>B<sub>5</sub></b>	5 mg/j	5,6 mg/j	3200	3500	16,0	17,5
<b>B<sub>6</sub></b>	1,5-1,8 mg/j	1,7 mg/j	390	600	5,4	10,0
<b>B<sub>8</sub></b>	50 µg/j	-	20	60	10,0	30,0
<b>B<sub>9</sub></b>	300-330 µg/j	287 µg/j	19	53	1,4	4,4
<b>B<sub>12</sub></b>	2,4 µg/j	5,8 µg/j	3,5	4,0	36,5	41,7
<b>C</b>	110 mg/j	92,9 mg/j	7500	10000	1,7	2,3

## – Les polyphénols

Les polyphénols ne sont pas des micronutriments essentiels à la vie et il n'existe donc pas de recommandation alimentaire officielle concernant leurs apports en alimentation humaine. Ils ont un rôle d'antioxydants naturels (neutralisation des radicaux libres) qui suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement de cancers, ainsi que de maladies cardio-vasculaires, neuro-dégénératives ou ayant une origine inflammatoire (ZHANG et TSAO, 2016). Les denrées issues de ruminants apportent aussi des composés phénoliques et/ou certains de leurs dérivés métaboliques comme l'équol dans le cas du lait (O'CONNELL et FOX, 2001). Certains polyphénols sont aussi classés dans la catégorie des phytoestrogènes du fait de leur capacité de se lier aux récepteurs des oestrogènes et d'exercer ainsi une activité (anti)oestrogénique. Parmi les aliments des animaux, les principaux phytoestrogènes appartiennent aux isoflavones, aux coumestanes et aux lignanes. Les isoflavones font l'objet de très nombreuses études compte tenu de leurs propriétés bénéfiques quant à la réduction des symptômes liés à la ménopause, à la protection contre les cancers et l'ostéoporose (AFSSA, 2005). Ces effets positifs sont suggérés par des études épidémiologiques réalisés dans des pays asiatiques où la consommation de soja est très importante.

KUHNLE *et al.* (2008) mentionnent que les productions animales ne contiennent pas nécessairement moins de phytoestrogènes que certains végétaux, mis à part le soja très riche en isoflavones. Certaines isoflavones, apportées essentiellement par les légumineuses forment ainsi de l'équol (FROIDMONT *et al.*, 2017) alors que les lignanes forment de l'enterolactone et un peu d'enterodiol. Produits par certaines bactéries présentes dans le tube digestif, ces métabolites sont donc absents du monde végétal mais auraient un intérêt substantiel pour la santé (LANDETE *et al.*, 2016). Ils préviendraient notamment le développement de certains types de cancers hormono-dépendants, des maladies cardio-vasculaires et réduiraient les troubles liés à la ménopause (EDEL *et al.*, 2015). Une étude mentionne même que l'équol aurait un effet bénéfique sur l'expression de certains gènes, notamment liés au vieillissement de la peau (GOPAUL *et al.*, 2012). Leur présence dans les productions animales est donc un atout même s'ils ne représentent qu'une très faible partie des apports alimentaires en polyphénols de la population. Les teneurs en polyphénols de la viande, des produits carnés et des poissons s'avèrent en revanche bien inférieures à celles déterminées dans les œufs et le lait (KUHNLE *et al.*, 2008).

## 2. Alimentation et composition des produits animaux en micronutriments : comparaison d'une alimentation au pâturage et à l'auge, et effet du concentré

### – Les acides gras

Le profil en AG du lait est très sensible à l'alimentation. Un régime à base d'herbe a un effet positif sur les teneurs en omégas-3 en comparaison d'un régime à base de maïs fourrages et/ou céréales pour les bovins (ELGERSMA, 2015), les ovins (MIERLITA et VICAS, 2015) et les caprins (PAJOR *et al.*, 2009). Pour les vaches, COUVREUR *et al.* (2006) ont montré par exemple que passer d'un régime à base d'ensilage de maïs à un régime à base d'herbe fraîche augmente significativement la teneur en ALA (de 0,22 à 0,70 g/100g AG) et diminue la teneur en LA (de 1,55 à 1,26, différence non significative), de telle sorte que le rapport LA/ALA passe de 7 à 1,8. Les valeurs moyennes issues de plusieurs sources de données sont indiquées dans le Tableau 3. Selon O'CALLAGHAN *et al.* (2016), sur l'ensemble de leur lactation, les vaches au pâturage produisent un lait plus riche en omégas-3 que celles recevant une ration à base de fourrages conservés (maïs ensilage principalement) et de concentrés. Cet effet se marque aussi pour le CLA (C18:2 cis-9 trans-11), dont la concentration a doublé pour les animaux au pâturage.

**TABLEAU 3 – Teneurs en lipides et en acides gras d'intérêt pour l'homme du lait** (plusieurs références dont BENBROOK *et al.*, 2013 ; COUVREUR *et al.*, 2006) **et de viandes bovines** (d'après VAN ELSWYK et MCNEILL, 2014) **pour des animaux recevant une ration à base de céréales** (y compris ensilage de maïs) **ou alimentés à l'herbe**. Apports nutritionnels conseillés (ANC) en acides gras indispensables (ANSES, 2011).

	Céréales	Herbe	ANC totaux
	(g/l de lait)		
<b>Lipides totaux</b>	31	31	
<b>AGS</b>	20	21	
<b>AGMI</b>	7,9	74	
	(mg/l de lait)		
<b>LA</b>	856	639	9 000 mg
<b>CLA</b>	190	230	
<b>ALA</b>	160	250	1 800 mg
<b>EPA</b>	25	33	250 mg
<b>DHA</b>	37	44	250 mg
<b>Oméga-6/oméga-3</b>	5,8	2,8	<5
	(g/100 g de viande)		
<b>Lipides totaux</b>	5,22	2,85	
<b>AGS</b>	1,83	1,06	
<b>AGMI</b>	1,90	0,90	
<b>AGPI</b>	0,16	0,10	
	(mg/100 g de viande)		
<b>LA</b>	110	52	9 000 mg
<b>CLA</b>	20	20	
<b>ALA</b>	10	21	1 800 mg
<b>EPA</b>	3,3	7,3	250 mg
<b>DHA</b>	1,7	1,7	250 mg
<b>Oméga-6/oméga-3</b>	5,24	1,27	<5

D'après AGRESTE (2016), on consomme en moyenne 79 g de viande rouge /j (en équivalent carcasse), soit 56 g net, et l'équivalent de 0,9 l de lait (avant transformation)

Le fait d'incorporer des légumineuses dans le pâturage peut être bénéfique à la qualité des productions animales (ELGERSMA, 2015). Par rapport aux graminées, les légumineuses, selon les espèces, limitent en effet la biohydrogénation des AG dans le rumen, des tanins (action sur la population microbienne du rumen) ou d'autres constituants (polyphénols oxydases dans le trèfle violet, saponines dans le trèfle blanc) susceptibles de protéger les lipides de la bio-hydrogénation (DEWURST *et al.*, 2006). Ces mêmes constituants protègent également les lipides de l'herbe lors du processus d'ensilage, ce qui induirait des teneurs supérieures en AGPI des produits animaux avec

des ensilages riches en trèfle comparativement à des ensilages de graminées (VAN RANST *et al.*, 2011).

La conservation de l'herbe sous forme d'ensilage ou de foin génère des pertes en LA et ALA. MOREL *et al.* (2006) ont montré que la dessiccation occasionnée lors de la confection du foin génère une perte d'AG d'environ 20 % dans le fourrage. Néanmoins, le rapport LA/ALA est peu modifié lorsque sont comparés la pâture, le foin et l'ensilage, respectivement 2,8 ; 3 et 3,1 (VILLENEUVE *et al.*, 2013), et il reste plus faible qu'avec une alimentation à base d'ensilage de maïs. La composition botanique de la prairie a aussi un impact sur la composition en AGPI du lait. Il a par exemple été montré qu'un ensilage de ray-grass avec du trèfle violet permet d'obtenir un lait plus riche en ALA qu'un ensilage de ray-grass associé ou non à du trèfle blanc (ELGERSMA, 2015).

Le profil en AG des viandes est, comme celui du lait, très sensible à l'alimentation. Si un régime à base d'herbe limite les performances de croissance, il a un effet positif sur les teneurs en oméga-3 en comparaison d'un régime à base de maïs fourrages et/ou céréales pour les bovins (*cf.* ci-après) mais aussi pour les ovins (AUROUSSEAU *et al.*, 2007). Il en est d'ailleurs de même pour les lapins<sup>2</sup>.

La large majorité des publications comparant la qualité nutritionnelle entre les viandes de bovin produites à l'herbe (pâturée ou conservée) et celles produites avec une alimentation à base de maïs ensilage et/ou de céréales suggère qu'une alimentation à base d'herbe (pâturée ou conservée) améliore de façon significative la composition en AG de la viande et diminue sa teneur en lipides (- 45 % environ, Tableau 3). De ce fait, 100 grammes d'une viande produite à l'herbe contiennent moins d'AG Saturés (- 0,8 g) que 100 grammes de viande provenant de bovins nourris avec un régime à base de céréales. De plus, une alimentation à l'herbe tend vers un pourcentage plus élevé d'acide stéarique, AG neutre vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires, et une plus faible proportion d'acides myristique et palmitique, connus pour leurs propriétés pro-athérogènes. La consommation d'herbe au pâturage par rapport à un régime à base de céréales augmente les teneurs en oméga-3, notamment les teneurs en ALA, qui passent d'environ 10 mg/100 g de viande avec une alimentation au grain à environ 21 mg/100 g de viande avec une alimentation à l'herbe (Tableau 3). Une viande bovine provenant d'animaux finis à l'herbe apporte environ 7,3 mg d'EPA/100 g de viande alors qu'une viande bovine provenant d'animaux finis avec des céréales n'apporte qu'environ 3,3 mg d'EPA/100 g de viande. En revanche, la quantité de CLA (C18:2 cis-9 trans-11), apportée par des viandes produites à l'herbe ou avec un régime à base de céréales, reste inchangée et correspond à environ 20 mg de CLA/100 g de viande. Les modifications de composition en AG des viandes induites par un régime à base d'herbe entraînent une diminution du rapport oméga-6/oméga-3 qui passe d'environ 5,2 pour un régime à base de céréales à 1,3 pour un régime à base d'herbe (VAN ELSWYK *et al.*, 2014).

Cet effet bénéfique de la consommation d'herbe au pâturage est proportionnel à sa durée de consommation (SCERRA *et al.*, 2011). Ainsi, les teneurs en ALA et EPA du muscle augmentent linéairement entre 0 et 158 j de pâturage entraînant une diminution du rapport oméga-6/oméga-3 de 2,04 à 1,43 (NOCI *et al.*, 2005). *A contrario*, l'apport de céréales pendant la période de finition après une période de pâturage, diminue les effets bénéfiques de la conduite des animaux au pâturage dès 30 jours d'alimentation à base de céréales (ALDAI *et al.*, 2011) et peut aller jusqu'à supprimer totalement ces effets après seulement 80 jours avec ce dernier type d'alimentation (PONNAMPALAM *et al.*, 2006), soulignant l'importance de l'alimentation pendant la période de finition sur la composition en AG de la viande.

Concernant l'impact de la diversité botanique des pâtures sur la composition en AG de la viande, on observe une tendance générale d'augmentation des teneurs en oméga-3 dans la viande de bovins élevés sur des pâtures diversifiées du point de vue botanique, notamment contenant des légumineuses (luzerne, trèfle...), par rapport à une prairie de ray-grass, bien qu'il n'existe pas de différence de teneur en oméga-3 entre ces deux types de pâtures (SCOLLAN *et al.*, 2014). Les différences observées au niveau de la viande sont dues à l'impact de métabolites secondaires ou aux glucides solubles, présents dans les fourrages botaniquement divers (LOURENÇO *et al.*, 2008). Enfin, la conservation de l'herbe sous forme d'ensilage induit une légère diminution des teneurs en oméga-3 des muscles de bovins par rapport à l'herbe fraîche, probablement en raison des processus

---

2 La teneur en oméga-3 de la viande de lapin est augmentée de 30% par un ajout de 20g de luzerne à un régime conventionnel (DAL BOSCO *et al.*, 2015) et elle est doublée lorsque l'alimentation se fait à partir d'herbe pâturée par rapport à un régime conventionnel en cage (FORRESTER-ANDERSON *et al.*, 2006).

fermentaires qui se développent dans l'ensilage. Ainsi, chez des bovins élevés au pâturage ou recevant un régime à base d'ensilage d'herbe pendant la phase de finition (70 jours), les proportions de CLA (0,9 % vs 0,7 % des AG totaux), d'EPA (0,8 % vs 0,6 % des AG totaux) et de DHA (0,3 % vs 0,2 % des AG totaux) sont plus élevées dans les muscles des animaux élevés au pâturage par rapport à l'ensilage d'herbe (BILIK *et al.*, 2009). En revanche, les proportions en ALA ne sont pas différentes entre le pâturage et l'ensilage d'herbe (environ 2,6 % des AG totaux) et restent supérieures à celles obtenues avec de l'ensilage de maïs (1,5 % des AG totaux, BILIK *et al.*, 2009).

## – Les vitamines

L'alimentation au pâturage se traduit par un enrichissement des produits en caroténoïdes et en vitamine E par rapport à une ration à base d'ensilage de maïs ou riche en concentré, aussi bien pour les produits laitiers (NOZIERE *et al.*, 2006) que pour la viande (DALEY *et al.*, 2010). Les différences dans les concentrations de vitamines A (rétinol et  $\beta$ -carotènes) et E dans les produits sont principalement expliquées par leurs apports alimentaires à l'animal. Les changements quantitatifs dans l'apport alimentaire de caroténoïdes et de vitamine E expliquent les différences dans les concentrations de ces composés dans la viande ou le lait de vaches nourries avec différents types de fourrages ou de différents rapports fourrage / concentré ; l'herbe fraîche étant de loin le fourrage le plus riche en termes de caroténoïdes et de vitamine E, suivie par l'herbe partiellement déshydratée (ensilage ou enrubannage) puis le foin séché en grange, le foin séché au champ et l'ensilage de maïs (NOZIERE *et al.*, 2006). Cependant, dans la pratique, l'effet du régime sur les concentrations de vitamines du lait est souvent masqué par l'utilisation de suppléments vitaminiques contenant des vitamines A et E (AGABRIEL *et al.*, 2007).

Des résultats récents obtenus à partir de laits de fermes ont montré que les concentrations de vitamines B<sub>2</sub>, B<sub>9</sub> et B<sub>12</sub> du lait variaient selon le système d'alimentation. En effet, la plus forte teneur en vitamine B<sub>12</sub> (jusqu'à + 32 %) a été observée dans le lait des exploitations où les vaches étaient nourries avec des régimes riches en ensilage de maïs, confirmant des résultats antérieurs qui montraient une diminution de sa concentration dans le lait des vaches au pâturage (GREGORY *et al.*, 1958). Inversement, les laits produits lorsque l'alimentation était basée sur le foin en hiver ou les pâturages pendant la période estivale étaient plus riches en vitamines B<sub>9</sub> (CHASSAING *et al.*, 2011) et B<sub>2</sub> (VALLET *et al.*, 2013). Un très fort enrichissement de la viande en vitamines B<sub>2</sub> (x 2) ainsi que B<sub>1</sub> (x 3) a également pu être observé chez les bovins en finition au pâturage par rapport à ceux recevant du concentré (DUCKETT *et al.*, 2009).

L'effet de la nature de l'herbe ou de son mode de conservation sur les teneurs en vitamines B des produits a rarement pu être mis en évidence ; la vitamine B<sub>2</sub> serait plus concentrée dans le lait de vache recevant de l'ensilage d'herbe par rapport à celles recevant du foin (SHINGFIELD *et al.*, 2005), tandis que pour la vitamine B<sub>9</sub> les teneurs seraient liées à la proportion de foin dans la ration (CHASSAING *et al.*, 2011). Par ailleurs, des données très récentes suggèrent que les teneurs en vitamine B<sub>12</sub> du lait seraient liées positivement à la fraction ADF de la ration mais ceci a été observé dans un contexte d'élevage nord-américain où les animaux reçoivent une ration totale mélangée riche en concentré et ensilage de maïs et reste à explorer lorsque les animaux sont au pâturage (DUPLESSIS *et al.*, 2016).

## – Les polyphénols

Les dicotylédones sont beaucoup plus riches en polyphénols que les graminées et disposent, de par leur grande diversité botanique, d'un large éventail de composés polyphénoliques. Ces métabolites sont en effet spécifiques de l'espèce botanique mais leurs concentrations varient aussi avec le stade phénologique des plantes, l'environnement et la saison. FRAISSE *et al.* (2007) ont dénombré pas moins de 170 composés phénoliques différents dans une prairie permanente riche en dicotylédones située en zone montagneuse, parmi lesquels seuls 30 composés étaient communs à l'ensemble des espèces. Si la composition des fourrages en polyphénols fait l'objet de nombreuses études, peu d'entre elles se sont intéressées à leur incidence sur les teneurs en polyphénols du lait. KUHNEN *et al.* (2014) ont observé une variabilité saisonnière importante des teneurs en polyphénols du lait selon les systèmes de production et montrent une corrélation positive entre le pouvoir antioxydant du lait et sa teneur en polyphénols totaux. BESLE *et al.* (2004) illustrent la richesse en polyphénols de laits produits au pâturage par rapport à des rations concentré – foin de dactyle (13,3 vs 3,1 mg/l de polyphénols totaux).

C'est avec des prairies temporaires riches en légumineuses, et particulièrement en trèfle violet, que les teneurs en phytoestrogènes de l'herbe et des produits herbagers sont maximisées (ADLER *et al.*, 2014). Ainsi, selon ces auteurs, une prairie riche en trèfle violet accroît considérablement la teneur en isoflavones (1 199 vs 86 µg/kg) et modérément celle en lignanes (173 vs 129 µg/kg) du lait comparativement à une prairie plus diversifiée d'un point de vue botanique. Comparativement aux isoflavones, les lignanes sont moins présentes dans l'herbe, même si certaines plantes fourragères en contiennent, comme les Brassicaceae (ADLER *et al.*, 2014).

Le mode de production (bio vs conventionnel, l'accès ou non à un parcours extérieur ; ADLER *et al.* 2015), la composition botanique de l'herbe (ADLER *et al.*, 2014) et celle de l'ensilage d'herbe influencent considérablement les teneurs en équol et en entérolactone du lait. Ainsi, HILARIO *et al.* (2010) ont montré que le fromage fabriqué à partir de lait de chèvre ayant un accès au pâturage contient beaucoup plus de polyphénols totaux que le fromage issu de lait de chèvre ne pâturant pas (780 vs 50 mg/kg). Le traitement du lait, comme la pasteurisation peut aussi réduire la teneur en polyphénols du produit. La fenaison diminue sensiblement les concentrations en phytoestrogènes des fourrages, tout comme le processus d'ensilage (DAEMS *et al.*, 2016). L'importance de cette dégradation dépend des conditions de récolte et de conservation. Il reste toutefois possible de produire du lait riche en équol avec des rations hivernales contenant des ensilages de trèfle (FRANCKSON *et al.*, 2014). Dans la littérature, les nombreux essais distribuant des fourrages riches en légumineuses à des vaches laitières montrent que la concentration en isoflavones du lait est très inférieure à sa concentration en équol. C'est un point intéressant compte tenu de l'intérêt de cette molécule pour la santé et des incertitudes énoncées au regard des isoflavones (AFSSA, 2005).

### **3. Evaluation des volumes de produits animaux mis en marché selon le mode d'alimentation**

#### **– Lait**

Nous avons d'abord caractérisé les systèmes d'alimentation sur la base de la part de maïs ensilage dans la ration et la localisation géographique (plaine, piémont, montagne). Nous nous sommes limités à trois systèmes principaux pour lesquels les rations de base et compléments azotés sont connus (INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2011). Les systèmes maïs, mixtes et herbagers représentent respectivement 53 %, 18 % et 29 % des volumes de lait produit, les parts d'herbe pâturée et conservée dans l'alimentation étant respectivement de 20, 45 et 90 % (DURU et MAGRINI, 2016). Lorsqu'on exprime les résultats par système d'alimentation, on estime à 29 % le lait produit par les systèmes herbagers. Selon les résultats de la section 2, ce lait (et les produits laitiers qui en sont dérivés) serait plus riche en oméga-3 et en micronutriments (excepté la vitamine B<sub>12</sub>), et ce presque toute l'année, que celui produit dans les autres systèmes d'alimentation. En considérant chacun des systèmes d'alimentation au prorata des volumes produits et leur part d'herbe dans l'alimentation, on trouve que 45 % du lait serait produit à l'herbe, mais surtout au printemps.

#### **– Viande bovine : réformes laitières et races à viande**

Selon la méthode des bilans (AGRESTE, 2016), un peu moins de 1,4 millions de tonnes (équivalent carcasse) de viande bovine ont été consommés en France en 2015, dont 24 % provenant de l'importation (INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2016). D'après l'analyse de bases de données SPIE (Service Professionnel Information Elevage), Normabev Eurostat et d'enquêtes au sein des opérateurs de la filière, on peut estimer que les volumes produits et consommés en France se répartissent entre de la viande de vaches laitières (29 %), de vaches de races à viande (26 %), de génisses essentiellement de races à viande (16 %), de bœufs (7 %) et de jeunes bovins de races à viande (16 %) ou laitières (5 %). L'essentiel de la viande importée (80 %) provient de vaches laitières (INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2015). Afin d'approcher les conduites alimentaires sur la période de finition de ces animaux (sur environ les 3 derniers mois), un traitement spécifique des bases de données SPIE et Normabev a été réalisé en répartissant les volumes produits selon 2 périodes de production (l'été pour des abattages de juin à octobre correspondant à des finitions possibles au pâturage, et l'hiver) et selon 2 zones fourragères de provenance : celles où l'herbe représente l'essentiel de la SFP (plus de 95 %) et celles où le maïs représente plus de 5 % de la SFP, d'après un traitement des données d'Agreste et



du dernier RGA à l'échelle des cantons ; INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2014). Enfin, les rations appliquées en finition pour chacune des catégories de bovins ont été établies en fonction de ce découpage par période de production et zone géographique en se basant sur les conduites mentionnées dans les cas types établis par le dispositif INOSYS Réseaux d'élevage couplées à de l'expertise. D'autre part, 55 % des vaches laitières sont abattues sans tarissement et les modes d'alimentation appliqués à ces animaux sur les derniers mois sont donc celles des vaches en production (cf. 3.1). Enfin, pour les viandes d'importation (essentiellement issues du troupeau laitier européen), nous avons fait l'hypothèse que les modes d'alimentation en finition étaient comparables aux conduites alimentaires appliquées en France.

**TABLEAU 4 – Volume de viande** (en tonne équivalent carcasse) **selon les catégories et les modes de finition** (hors vaches laitières non finies).

Catégorie	Volume consommé en France	Dont viande importée	Répartition des volumes de viande consommés selon le mode de finition :						
			> ¾ d'herbe pâturée	> 2/3 d'herbe ensilée ou enrubannée	≈ 1/3 d'herbe ensilée ou enrubannée	> 2/3 de foin	≈ 1/3 de foin	ensilage de maïs et/ou céréales**	
								(en tec)	(en %)
Vache laitière*	239 000	115 900	70 400	12 200	38 600	12 200	ε	105 800	44,2
Vache viande	338 000	35 000	41 000	62 900	34 500	ε	49 000	150 600	44,5
Génisse laitière	16 000	ε	6 700	700	2 600	700	ε	5 300	33,1
Génisse viande	156 700	7 700	18 900	20 500	8 800	ε	21 600	87 500	55,9
Jeune bovin laitier	61 000	5 000	ε	13 500	9 700	ε	ε	57 100	62,5
Jeune bovin viande	164 000	ε	ε	ε	7 600	ε	7 600	148 800	90,7
Bœuf laitier	42 000	ε	10 200	400	7 100	400	ε	31 100	57,1
Bœuf viande	52 700	23 700	12 700	1 800	ε	1 800	ε	36 500	69,2
Total	1 069 600	187 300	159 800	111 900	108 000	15 000	78 200	738 200	60,9

\* volume de viande ne concernant que les vaches laitières tarées et ayant eu une phase de finition en élevage (les volumes de viande issues des vaches laitières non tarées sont donnés dans le tableau 5).

\*\* avec une part d'herbe marginale, moins de 20 %

Ainsi, selon ces bases de calculs et hors vaches laitières de réforme non finies, près de 160 000 tec (tonne équivalent carcasse) de viande consommée (environ 13 %) seraient produites à partir de finition des animaux au pâturage (avec au moins 75 % d'herbe dans la ration, Tableau 4). A côté de cette viande issue de bovins finis au pâturage, environ 210 000 tec de la viande consommée (soit 17 %) seraient produites avec des rations contenant de l'herbe ensilée ou enrubannée (dont environ 2/3 d'herbe dans les rations pour la moitié de ces volumes). Enfin 93 000 tec de la viande consommée (soit 8 %) seraient issues de bovins finis avec du foin dans les rations mais avec une proportion de foin ne représentant qu'1/3 de la ration dans la majorité des cas. En considérant globalement, les modes d'alimentation où l'herbe constitue au moins 2/3 de l'alimentation des bovins en finition sous forme de pâturage ou d'ensilage (c'est-à-dire des conduites à base d'herbe qui auraient le plus d'impact sur la composition de la viande, cf. section 2), cela correspond à 25 % du volume de viande consommée (toutes catégories confondues mais hors vaches de réformes non finies). En revanche, ces 2 modes de finition à l'herbe sont davantage présents chez certaines catégories par rapport à d'autres. En effet, si ces finitions à l'herbe représentent autour de 25 % des finitions pour les génisses de race à viande, les bœufs et les jeunes bovins laitiers, elles représentent près du 1/3 des finitions pour les vaches laitières finies ou celles de race à viande mais sont négligeables chez les jeunes bovins de race à viande.

Pour les vaches laitières non finies (qui représentent près de 290 000 tec), nous avons considéré que le mode d'alimentation est celui des vaches en production. Sur ces bases, 29 % du tonnage proviendraient des systèmes herbagers avec une part prépondérante d'herbe dans l'alimentation soit des niveaux proches de ceux des vaches laitières finies ou des vaches à viande (Tableau 5).

**TABLEAU 5 – Estimation du volume de viande pour les vaches laitières non finies.**

Système	% du volume de viande	Volume de viande* (tec)	% herbe dans la ration	Volume de viande finie à l'herbe (tec) **
- maïs	0,53	153 700	0,2	30 740
- mixte	0,18	52 200	0,45	23 490
- herbager	0,29	84 100	0,9	75 690

\* estimation sur la base de 290 000 tec

\*\* compte tenu des données dont nous disposons, le risque de surestimation du volume de viande finie à l'herbe est élevé pour les systèmes mixte et herbager

## 4. Discussion et conclusion

### – Intérêts et limites d'une alimentation des ruminants à l'herbe pour des enjeux de santé humaine

Les AGPI, en particulier les oméga-3, sont essentiels et notre régime alimentaire en est très déficitaire en regard des apports nutritionnels recommandés. Les apports en vitamines sont aussi essentiels et les études de cohorte dans les pays industrialisés montrent des apports insuffisants (TROESH *et al.*, 2012) avec de possibles déséquilibres forts dans le cas de régimes spécifiques (végétarien ou végétalien par exemple, GRAULET et GIRARD, sous presse) en raison de la contribution significative des produits animaux aux apports, en vitamines B en particulier (MATTE *et al.*, 2014). La biodisponibilité de certaines vitamines B (B<sub>1</sub>, B<sub>9</sub>) et de la vitamine D est d'ailleurs plus grande à partir des produits animaux en comparaison de celle des produits végétaux en raison de facteurs associés favorisant leur absorption intestinale (GRAULET et GIRARD, sous presse). Aux USA, il a été montré que les apports en vitamines A, C, B<sub>12</sub> sont supérieurs chez les plus gros consommateurs de viande (NICKLAS *et al.*, 2012). Le lait et les produits laitiers y sont les sources principales et les moins chères pour les vitamines B<sub>2</sub> et B<sub>12</sub> (DREWNOWSKI, 2011).

Pour ce qu'on en sait, les teneurs en micronutriments de la plupart des produits (lait, viande) dont les animaux ont été alimentés à l'herbe, en particulier au pâturage et avec des légumineuses, sont toujours supérieures à celles correspondant à une alimentation à base de maïs ensilage et/ou de céréales, excepté pour la vitamine B<sub>12</sub>. Cela est vrai pour les oméga-3 (ALA, DHA et EPA) dont notre alimentation est en moyenne très déficitaire, mais aussi pour certaines vitamines et anti-oxydants, qui pour certains ne sont pas ou peu présents dans les produits végétaux (équol par ex.), sachant qu'à ce jour il n'y a pas de niveau d'apport recommandé.

Compte tenu des quantités de lait (et laitages) et de viande rouge consommées, les apports supplémentaires avec des animaux nourris à l'herbe seraient d'environ 0,11 g/j pour l'ALA (à comparer à 0,9 actuellement) et de 17 mg/j pour le DHA et l'EPA (à comparer aux 250 mg actuellement). Cet accroissement est donc très insuffisant pour atteindre les recommandations. Néanmoins, il ne faut pas l'exclure car atteindre les recommandations nécessite de considérer toutes les sources d'AGPI : œufs, viandes de porc et volailles ainsi que les huiles achetées et incorporées dans les aliments. En outre, les produits animaux issus d'une alimentation à l'herbe ont un rapport LA/ALA bien inférieur au seuil maximal des recommandations, ce qui permet de ré-équilibrer notre alimentation trop riche en LA, notamment du fait des huiles présentes dans de nombreux aliments. D'autre part, il existe des interactions entre AGPI, vitamines et composés phénoliques. Ainsi, les flavonoïdes (présents dans les végétaux) évitent la peroxydation des oméga-3 et permettent ainsi de conserver leurs propriétés (VAUZOUR *et al.*, 2015). De même, ces auteurs ont montré l'intérêt d'associer les oméga-3 à un cocktail de vitamines pour atténuer les symptômes de la maladie d'Alzheimer.

## – Moins de la moitié des produits de bovins sont issus d'une alimentation à l'herbe

Les estimations de volume de produits par système d'alimentation sont certes à considérer avec précaution, surtout pour la viande compte tenu de la difficulté d'avoir des informations précises (ration de base et complémentation, y compris azotée), mais aussi parce que la durée nécessaire d'une alimentation à l'herbe avant l'abattage pour avoir des produits riches en acides gras essentiels et en micronutriments n'est pas connue avec précision. Néanmoins, les ordres de grandeur calculés pour le lait et surtout pour la viande, même en considérant une incertitude forte, montrent que la majorité des produits animaux sont vraisemblablement pauvres en oméga-3, vitamines et polyphénols en comparaison de ce qu'ils seraient avec une alimentation à l'herbe, et que cette composition s'est dégradée avec la part grandissante d'une alimentation à base de maïs ensilage et/ou céréales depuis les années 60 (DURU et MAGRINI, 2017).

Le consommateur a de fait peu de moyens pour savoir si les animaux ont été alimentés à l'herbe. Seul le label bio permet une traçabilité indirecte. En effet, le lait produit en agriculture biologique est plus riche en oméga-3 et autres micronutriments que celui issu de l'agriculture conventionnelle tant en période estivale qu'en stabulation (SREDNICKA-TOBER *et al.*, 2016), du fait d'une plus grande utilisation de l'herbe, et très souvent de légumineuses. Pour les mêmes raisons, il est beaucoup plus riche en équol (DAEMS *et al.*, 2016), en vitamine B<sub>2</sub> (POULSEN *et al.*, 2015) et en antioxydants de type  $\alpha$ -tocophérol,  $\beta$ -carotène et rétinol (KUSCHE *et al.*, 2015). Il en est de même avec des modes de production plus extensifs ayant davantage recours à l'herbe pâturée, mais l'origine du lait issu de ces derniers n'est pas traçable (KUSCHE *et al.*, 2015). La viande produite en agriculture biologique présente généralement des teneurs plus élevée en oméga-3, et cet effet est plus marqué pour les animaux finis en été qu'en hiver (KAMIHIRO *et al.*, 2015), là encore parce que les élevages bio ont (du fait du cahier des charges) un lien explicite au sol, et aussi parce qu'ils cherchent à réduire les coûts de production en privilégiant une alimentation à l'herbe.

### Références bibliographiques

- ADLER S.A., PURUP S., HANSEN-MOLLER J., THUEN E., GUSTAVSON A.M., STEINSHAMN H. (2014) : "Phytoestrogens and their metabolites in milk produced on two pastures with different botanical compositions. *Livestock Science* 163, 62-68.
- ADLER S.A., PURUP S., HANSEN-MOLLER J., THUEN E., STEINSHAMN H. (2015) : "Phytoestrogens and their metabolites in bulk-tank milk: effects of farm management and season", *PLoS ONE* 10(5): e0127187.
- AFSSA, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (2005) : *Sécurité et bénéfices des phyto-estrogènes apportés par l'alimentation – recommandations*, <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT-Ra-Phytoestrogenes.pdf> [le 07 février 2017], 440 p.
- AGABRIEL C., CORNU A., JOURNAL C., SIBRA C., GROLIER P., MARTIN B. (2007) : "Tanker milk variability according to farm feeding practices: vitamins A and E, carotenoids, color and terpenoids", *J. Dairy Sci.*, 90:4884-4896.
- AGRESTE (2016), *Agreste Synthèses - Consommation - Mai 2016 - n° 2016/289*
- ALDAI N., DUGAN M.E.R., KRAMER J.K.G., MARTÍNEZ A., LÓPEZ-CAMPOS O., MANTECÓN A.R., OSORO K. (2011) : "Length of concentrate finishing affects the fatty acid composition of grass-fed and genetically lean beef: an emphasis on trans-18: 1 and conjugated linoleic acid profiles", *Animal*, 5(10), 1643-1652.
- ANSES (2011) : *Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras : rapport d'expertise collective*, <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2006sa0359Ra.pdf>
- ANSES (2015) : *Apports en acides gras de la population vivant en France*, <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2014sa0117Ra.pdf>
- ANSES (2016) : *Que sont les vitamines ? Présentation des vitamines*, <https://www.anses.fr/fr/lexique/vitamines>
- AUROUSSEAU B., BAUCHART D., GALOT A.L., PRACHE S., MICOL D., PRIOLO A. (2007) : "Indoor fattening of lambs raised on pasture: 2. Influence of stall finishing duration on triglyceride and phospholipid fatty acids in the longissimus thoracis muscle", *Meat Science*, 76(3), 417-427.
- BENBROOK C.M., BUTLER G., LATIF M.A., LEIFERT C., DAVIS D.R. (2013) : "Organic production enhances milk nutritional quality by shifting fatty acid composition: a United States-wide, 18-month study", *PloS One*, 8 (12), e82429.
- BESLE J.M., LAMAISON J.L., PRADEL P., FRAISSE D., VIALA D., MARTIN B. (2004) : "Les flavonoïdes, des fourrages au lait", *Rencontres Recherches Ruminants*, (11) : 67-70.

- BILIK K., WEGLARZY K., BOROWIEC F., LOPUSZANSKA-RUSEK M. (2009) : "Effect of feeding intensity and type of roughage fed to limousin bulls in the finishing period on slaughter traits and fatty acid profile of meat", *Ann. Anim. Sci.*, 9, 143-155.
- CALDER P.C. (2013) : "Mechanisms of action of (n-3) fatty acids", *J. Nutr.*, 142, 592S-599S.
- CHASSAING C., GRAULET B., AGABRIEL C., MARTIN B., GIRARD C.L. (2011) : "Vitamins B12 and B9 contents in cow milk according to production system", *Proceedings 10<sup>th</sup> International Meeting on Mountain Cheese*, 14-15 September 2011, Dronero, Italy.
- COUDRAY B. (2011) : "The contribution of dairy products to micronutrient intakes in France", *J. Amer. Coll. Nutr.*, 30, 410S-414S
- COUVREUR S., HURTAUD C., LOPEZ C., DELABY L., PEYRAUD J.L. (2006) : "The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties", *Journal of Dairy Science*, 89 (6), 1956-69.
- DAEMS F., DECRUYENAERE V., AGNEESSENS R., LOGNAY G., ROMNÉE J.M., FROIDMONT E. (2016) : "Evolution of isoflavone contents in red clover (*Trifolium pretense* L.) silage with laboratory-scale silages using vacuum-packing system", *Anim. Feed Sci. Techn.*, 217, 36-44.
- DAL BOSCO A., CASTELLINI C., MARTINO M., MATTIOLI S., MARCONI O., SILEONI V.... BENINCASA P. (2015) : "The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition", *Meat Science*, 106, 31-37.
- DALEY C.A., ABBOTT A., DOYLE P.S., NADER G.A., LARSON S. (2010) : "A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef", *Nutrition journal*, 9, 10.
- DEWHURST R.J., SHINGFIELD K.J., LEE M.R.F., SCOLLAN N.D. (2006) : "Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems", *Anim. Feed Sci. Techn.*, 131: 168-206.
- DREWNOWSKI A. (2011) : "The contribution of milk and dairy products to micronutrient density and affordability of the U.S. diet", *J. Amer. Coll. Nutr.*, 30, 422S-428S.
- DUCKETT S.K., NEEL J.P.S., FONTENOT J.P., CLAPHAM W.M. (2009) : "Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content", *Journal of Animal Science*, 87(9), 2961-2970
- DUPLESSIS M., PELLERIN D., CUE R.I., GIRARD C.L. (2016) : "Short communication: Factors affecting vitamin B12 concentration in milk of commercial dairy herds: An exploratory study", *J. Dairy Sci.*, 99, 4886-4892.
- DURU M., MAGRINI M.B. (2016) : "Consommer des produits dont les animaux ont été alimentés à l'herbe est-il suffisant pour équilibrer notre alimentation en acides gras polyinsaturés ?", *Fourrages*, 228, 301-312.
- DURU M., MAGRINI M.B. (2017) : "Composition en acides gras poly-insaturés de notre assiette et utilisation des matières premières agricoles en France : une amélioration lente, mais insuffisante", *OCL* (accepté).
- ELGERSMA A. (2015) : "Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: a review of the contributing factors, challenges and future perspectives", *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 117: 1345-1369.
- FERLAY A., GRAULET B., CHILLIARD Y. (2013) : "Maîtrise par l'alimentation des teneurs en acides gras et en composés vitaminiques du lait de vache", *INRA Productions Animales*, 26 (2), 177-192.
- FORRESTER-ANDERSON I.T., MCNITT J., WAY R., WAY M. (2006) : "Fatty acid content of pasture-reared fryer rabbit meat", *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 715-719.
- FRAISSE D., CARNAT A., VIALA D., PRADEL P., BESLE J.M., COULON J.B., FELGINES C., LAMAISON J.L. (2007) : "Polyphenolic composition of a permanent pasture : variations related to the period of harvesting", *J. Sci. Food Agric.*, 87: 2427-2435.
- FRANCKSON D., DAEMS F., JASSELETTE C., ROMNEE J.M., FROIDMONT E. (2014) : "Incidence de la nature de l'ensilage d'herbe sur la qualité nutritionnelle du lait", *Rencontres Recherches Ruminants*, 21, 81.
- FROIDMONT E., DAEMS F., DECRUYENAERE V., DEHARENG F., FRANCKSON D., LEFEVRE A., NINANE V., ROMNEE J.M. (2017) : "Les légumineuses, gage de produits de qualité différenciée. AFPPF, Journées de printemps : *Le pâturage au cœur des systèmes d'élevage de demain*. Paris, France.
- GOPAUL R., KNAGGS H.E., LEPHART E.D. (2012) : "Biochemical investigation and gene analysis of equol: a plant and soy-derived isoflavonoid with antiaging and antioxidant properties with potential human skin applications", *Biofactors*, 38(1):44-52.
- GRAULET B. (2014) : "Ruminant milk: A source of vitamins in human nutrition", *Animal Frontiers*, 4(2), 24-30.
- GRAULET B., GIRARD C.L. (sous presse) : "B vitamins in cow milk: their relevance to human health", *Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease*, R.R. Watson, R.J. Collier et V. Preedy ed.
- GREGORY M.E., FORD J.E., KON S.K. (1958) : "The B-vitamin content of milk in relation to breed of cow and stage of lactation", *J. Dairy Res.*, 25, 447-456.
- GUÉGUEN J., WALRAND S., BOURGEOIS O. (2016) : "Les protéines végétales : contexte et potentiels en alimentation humaine", *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 1-9.
- HILARIO M.C., PUGA C.D., OCANA A.N., ROMO F.P.G. (2010) : "Antioxydant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats milk cheeses on summer grazing", *J. Dairy Res.*, 77 (1), 20-26.
- INSTITUT DE L'ELEVAGE (2011) : *La production de viande bovine en France Qui produit quoi, comment et où ?*, 60 p.

- INSTITUT DE L'ELEVAGE (2014) : *Guide de l'alimentation du troupeau bovin allaitant. Veaux, vaches et génisses de renouvellement*, collection les Incontournables, Institut de l'Elevage éd., 340 p.
- INSTITUT DE L'ELEVAGE (2015) : *Où va le bœuf ? Vers toujours plus de transformation !*, Dossier Economie de l'Elevage, n° 461, octobre 2015, 40 p.
- INSTITUT DE L'ELEVAGE (2016) : *2015 : l'année économique viande bovine. Perspectives 2016*, Dossier Economie de l'Elevage n° 464, 2016, 44 p.
- KAMIHIRO S., STERGIADIS S., LEIFERT C., EYRE M.D., BUTLER G. (2015) : "Meat quality and health implications of organic and conventional beef production", *Meat Science*, 100, 306-318.
- KUHNNEN S., MOACYR J.R., MAYER J.K., NAVARRO B., TREVISAN R., HONORATO L., MARASCHIN M., FILHO L.C.P.M. (2014) : "Phenolic content and ferric reducing-antioxidant power of cow's milk produced in different pasture-based production systems in southern Brazil", *J. Sci. food Agric.*, 94: 3110-3117.
- KUHNLE G.G., DELL'AQUILA C., ASPINALL S.M., RUNSWICK S.A., MULLIGAN A.A., BINGHAM S.A. (2008) : "Phytoestrogen content of foods of animal origin: dairy products, eggs, meat, fish, and seafood", *J. Agric. Food Chem.*, 56, 10099-10104.
- KUSCHE D., KUHN K., RUEBESAM K., ROHRER C., NIEROP A.F.M., JAHREIS G., BAARS T. (2015) : "Fatty acid profiles and antioxidants of organic and conventional milk from low- and high-input systems during outdoor period", *J. Sci. Food Agric.*, 95, 539-539.
- LANDETE J.M., ARQUÉS J., MEDINA M., GAYA P., DE LAS RIVAS B., MUOZ R. (2016) : "Bioactivation of phytoestrogens : intestinal bacteria and health", *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 56 (11), 1826-43.
- LEGRAND P. (2013) : "Nouvelle approche pour les recommandations nutritionnelles en lipides", *OCL*, 20(2), 75-78.
- LOURENCO M., VAN RANST G., VLAEMINCK B., DE SMET S., FIEVEZ V. (2008) : "Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk", *Animal Feed Science and Technology*, 145, 418-437.
- MATTE J.J., BRITTEN M., GIRARD C.L. (2014) : "The importance of milk as a source of vitamin B<sub>12</sub> for human nutrition", *Anim. Frontiers*, 4 (April), 32-37.
- MIERLITA D., VICAS S. (2015) : "Dietary effect of silage type and combination with camelina seed on milk fatty acid profile and antioxidant capacity of sheep milk", *South African Journal of Animal Science*, 45(1), 01-11.
- MOLFINO A., GIOIA G., FANELLI F., MUSCARITOLI M. (2014) : "The Role for Dietary Omega-3 Fatty Acids Supplementation in Older Adults", *Nutrients*, 6 (10), 4058-4072.
- MOREL I., WYSS U., COLLOMB M., BÜTIKOFER U. (2006) : "Influence de la composition botanique de l'herbe ou du foin sur la composition du lait", *Revue Suisse Agric.*, 38 (1), 9-15.
- NICKLAS T.A., O'NEIL C.E., ZANOVEC M., KEAST D.R., FULGONI V.L. (2012) : "Contribution of beef consumption to nutrient intake, diet quality, and food patterns in the diets of the US population", *Meat Science*, 90(1), 152-158.
- NOCI F., MONAHAN F.J., FRENCH P., MOLONEY A.P. (2005) : "The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing", *J. Anim. Sci.*, 83, 1167-1178.
- NOZIÈRE P., GRAULET B., LUCAS A., MARTIN B., GROLIER P., DOREAU M. (2006) : "Carotenoids in ruminants : From forages to dairy products", *Anim. Feed Sci. Technol.*, 131, 418-450.
- O'CALLAGHAN T.F., HENNESSY D., MCAULIFFE S., KILCAWLEY K.N., O'DONOVAN M., DILLON P.... STANTON C. (2016) : "Effect of pasture versus indoor feeding systems on raw milk composition and quality over an entire lactation. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9424-9440.
- O'CONNELL J.E., FOX P.F. (2001) : "Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review", *Int. Dairy J.*, 11, 103-120.
- PAJOR F., GALLÓ O., STEIBER O., TASI J., PÓTI P. (2009) : "The effect of grazing on the composition of conjugated linoleic acid isomers and other fatty acids of milk and cheese in goats", *Journal of Animal and Feed Sciences*, 18 (3).
- PATTERSON E., WALL R., FITZGERALD G.F., ROSS R.P., STANTON C. (2012) : "Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated Fatty acids", *J. of Nutrition and Metabolism*, 539426.
- PEREIRA P.M. DE C.C., VICENTE A.F. DOS R.B. (2013) : "Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet", *Meat Science*, 93(3), 586-592.
- PONNAMPALAM E.N., MANN N.J., SINCLAIR A.J. (2006) : "Effect of feeding systems on omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and trans fatty acids in Australian beef cuts: potential impact on human health", *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 15 (1), 21-9.
- POULSEN N.A., RYBICKA I., POULSEN H.D., LARSEN L.B., ANDERSEN K.L., LARSEN M.K. (2015) : "Seasonal variation in content of riboflavin and major minerals in bulk milk from three Danish dairies", *Int. Dairy J.*, 42, 6-11.
- SALTER A.M. (2013) : "Dietary fatty acids and cardiovascular disease", *Animal*, 7, 163-171.
- SCERRA M., LUCIANO G., CAPARRA P., FOTI F., CILIONE C., GIORGI A., SCERRA V. (2011) : "Influence of stall finishing duration of Italian Merino lambs raised on pasture on intramuscular fatty acid composition", *Meat Science*, 89 (2), 238-242.

- SCOLLAN N.D., DANNENBERGER D., NUERNBERG K., RICHARDSON I., MACKINTOSH S., HOCQUETTE J.F., MOLONEY A.P. (2014) : "Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality", *Meat Science*, 97 (3), 384-394.
- SHINGFIELD K.J., SALO-VÄÄNÄNEN P., PAHKALA E., TOIVONEN T., JAAKKOLA S., PIIRONEN V., HUHTANEN P. (2005) : "Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cows' milk", *J. Dairy Res.*, 72, 349-361.
- SIURANA A., CALSAMIGLIA S. (2016) : "A metaanalysis of feeding strategies to increase the content of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy cattle milk and the impact on daily human consumption", *Animal Feed Science and Technology*, 217, 13-26.
- ŠREDNICKA-TOBER D., BARAŃSKI M., SEAL C.J., SANDERSON R., BENBROOK C., STEINSHAMN H.... LEIFERT C. (2016) : "Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid,  $\alpha$ -tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta-and redundancy analyses", *British Journal of Nutrition*, 7, 1043-1060.
- TOME D. (2012) : "Criteria and markers for protein quality assessment - a review", *The British Journal of Nutrition*, 108 Suppl., S222-9.
- TROESCH B., HOEFT B., MCBURNEY M., EGGERSDORFER M., WEBER P. (2015) : "Dietary surveys indicate vitamin intakes below recommendations are common in representative Western countries", *Br. J. Nutr.*, 108, 692-698.
- VALLET J., LAVERROUX S., CHASSAING C., GIRARD C., AGABRIEL J., MARTIN B., GRAULET B. (2013) : "Variations des teneurs en riboflavine du lait de vache selon les conditions de production", *11. Journées Francophones de Nutrition. Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 48.
- VAN ELSWYK M.E., MCNEILL S.H. (2014) : "Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience", *Meat Sci.*, 96, 535-540.
- VAN RANST G., LEE M.R.F., FIEVEZ V. (2011) : "Red clover polyphenol oxidase and lipid metabolism", *Animal*, 5:4, 512-521.
- VAUZOUR D., MARTINSEN A., LAYÉ S. (2015) : "Neuroinflammatory processes in cognitive disorders: Is there a role for flavonoids and n-3 polyunsaturated fatty acids in counteracting their detrimental effects?", *Neurochemistry International*, 89, 63-74.
- VILLENEUVE M.P., LEBEUF Y., GERVAIS R., TREMBLAY G.F., VUILLEMARD J.C., FORTIN J., CHOUINARD P.Y. (2013) : "Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage", *Journal of Dairy Science*, 96 (11), 7181-7194.
- YANG L.G., SONG Z.X., YIN H., WANG Y.Y., SHU G.F., LU H.X.... SUN G.J. (2016) : "Low n-6/n-3 PUFA Ratio Improves Lipid Metabolism, Inflammation, Oxidative Stress and Endothelial Function in Rats Using Plant Oils as n-3 Fatty Acid Source", *Lipids*, 51 (1), 49-59.
- ZHANG H., TSAO R. (2016) : "Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects", *Current opinion in Food Science*, (8), 33-42.