

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

Michel Duru (1), Didier Bastien (2), Eric Froidmont (3), Benoît Graulet (4), Dominique Gruffat (4)

(1) INRA, UMR 1248 AGIR, F-31326 Castanet Tolosan, France ; Université Toulouse, INPT, UMR AGIR, F-31029 Toulouse, France

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

(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

Contact : E-mail: michel.duru@inra.fr

Accroche

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'anti-oxydants. 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.

Résumé

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, B₂, B₉, en caroténoïdes et en dérivés phénoliques, mais plus pauvres en vitamine B₁₂, 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.

Mots clefs : acides gras, alimentation à l'herbe, antioxydants, micronutriments, polyphénols, prairie, vitamines, maladies chroniques non transmissibles, traçabilité

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 (Guéguen 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 (Tomé, 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 lorsque 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 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) selon le 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.

1.1. Les acides gras polyinsaturés

Deux familles d'AGPI sont à distinguer : les oméga-3 dont l'acide alpha-linolénique (ALA en anglais) est le précurseur des acides docosahexaénoïque (DHA) et eicosapentaénoïque (EPA) qui sont des oméga-3 à très longue chaîne, et les oméga-6 (acide linoléique (LA) principalement)¹. 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 2200 kcal, les apports recommandés en LA et ALA pour des adultes ont été fixés à 9 et 1,8g/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).

¹ 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 (lait) ou supérieur (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).

	Produits	LA (g)	ALA (g)	rapport	EPA (mg)	DHA (mg)
Recommandations (Anses, 2011)		9	1,8	5	250	250
Apports calculés à partir d'estimation par l'enquête Inca 2 (Anses, 2015) *	Totaux	8,62	0,9	9,6	101	137
	Lait et laitage	0,30	0,08	3,9	5,2	0,8
	Viandes : bovine, ovine et porcine **	0,24	0,03	8	2,5	0,45
Apports calculés à partir de base de données (Duru et Magrini, 2016)	Lait et laitage	0,41	0,09	4,5	nd	nd
	Viandes : bovine, ovine et porcine	0,30	0,03	10		

Tableau 1 Recommandations et apports en différents AGPI et contribution des produits animaux aux apports selon deux méthodes d'estimation

*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 *9cis,11trans*, 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.

1.2. 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 B₉ 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, B₂, B₅,

B₁₂ (INCA2) dans l'alimentation humaine (Coudray, 2011) ; la vitamine B₁₂ 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.

	Recommandations (Anses, 2016)	Apports journaliers totaux (Inca2)	Concentrations dans le lait de vache (µg/L) (Ferlay et al., 2013)		Contribution aux ANC de la consommation de 250 mL de lait de vache (en %)	
			min	max	min	max
A	600-800 µg/j (ER)	980 µg/j (ER)	295	520	9,2	21,7
D	5 µg/j	2,6 µg/j	0,30	10,00	1,5	50,0
E	12 mg/j	11,5 mg/j	700	1100	1,5	2,3
K	45 µg/j	-	7,5	37,6	4,2	20,9
B ₁	1,1-1,3 mg/j	1,2 mg/j	300	450	5,8	10,2
B ₂	1,5-1,6 mg/j	1,9 mg/j	1600	1750	25,0	29,2
B ₃	11-14 mg/j (EN)	18,7 mg/j	800	955	1,4	2,2
B ₅	5 mg/j	5,6 mg/j	3200	3500	16,0	17,5
B ₆	1,5-1,8 mg/j	1,7 mg/j	390	600	5,4	10,0
B ₈	50 µg/j	-	20	60	10,0	30,0
B ₉	300-330 µg/j	287 µg/j	19	53	1,4	4,4
B ₁₂	2,4 µg/j	5,8 µg/j	3,5	4,0	36,5	41,7
C	110 mg/j	92,9 mg/j	7500	10000	1,7	2,3

Tableau 2 Recommandations nutritionnelles en vitamines chez l'adulte (Source : ANC pour la population française, 3^{ème} 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).

1.3. 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 cardiovasculaires, neurodégénératives 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 estrogènes et d'exercer ainsi une activité (anti)estrogénique. 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 phyto-œstrogènes 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 cardiovasculaires 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 par contre 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

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

D'après Agreste (2016), on consomme en moyenne 79 g de viande rouge /j (en équivalent carcasse), soit 56g 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 limitent en effet la biohydrogénation des AG dans le rumen, et, selon les espèces, de la présence de tanins (action sur la

population microbienne du rumen) ou d'autres constituants (polyphénols oxydase 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 de +/- 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 impacte aussi la composition en AGPI du lait. Il a par exemple été montré qu'un ensilage de raygrass avec du trèfle violet permet d'obtenir un lait plus riche en ALA qu'un ensilage de graygrass 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 (ci-après), mais aussi pour les ovins (Aurousseau et al., 2007). Il en est d'ailleurs de même pour les lapins².

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, cent grammes d'une viande produite à l'herbe contiennent moins d'AG Saturés (-0,8 g) que cent 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 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 omega-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. Par contre, la quantité de CLA *9cis,11trans*, 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 omega-6/omega-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 omega-6/omega-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 omega-3 dans la viande de bovins élevés sur des pâtures botaniquement diversifiées, notamment contenant des légumineuses (luzerne,

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).

trèfle...), par rapport à une prairie de ray-grass, bien qu'il n'existe pas de différence de teneur en omega-3 entre ces 2 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 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). Par contre, 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).

2.2. 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 (Nozière *et al.*, 2006) que pour la viande (Daley *et al.*, 2010). Les différences dans les concentrations de vitamines A (rétinol et β -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 terme 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 (Nozière *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 commerciales ont montré que les concentrations de vitamines B₂, B₉ et B₁₂ du lait variaient selon le système d'alimentation. En effet, la plus forte teneur en vitamine B₁₂ (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 B₉ (Chassaing *et al.*, 2011) et B₂ (Vallet *et al.*, 2013). Un très fort enrichissement de la viande en vitamines B₂ (x2) ainsi que B₁ (x3) 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 pu être rarement mis en évidence ; la vitamine B₂, 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 B₉, 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 B₁₂ 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).

2.3 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. (2010) illustrent la richesse de laits produits au pâturage sur leur teneur en polyphénols 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 phyto-oestrogènes 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 (1199 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., 2015).

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 phyto-œstrogènes 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 au regard 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

3.1. 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 (Idele, 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 omega-3 et en micronutriments (excepté la vitamine B₁₂), 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.

3.2 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'Élevage, 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 zones géographiques 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 5a 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 des bovins dont elles sont issues							
			Finition avec plus de ¾ d'herbe pâturée	Finition avec plus de 2/3 d'herbe ensilée ou enrubannée	Finition avec environ 1/3 d'herbe ensilée ou enrubannée	Finition avec plus de 2/3 de foin	Finition avec environ 1/3 de foin	Finitions à base d'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 5b).

** 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%) serait produite à partir de finition des animaux au pâturage (avec au moins 75 % d'herbe dans la ration), (tableau 5a). À côté de cette viande issue de bovins finis au pâturage, environ 210 000 tec de la viande consommée (soit 17%) serait produite 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%) serait issue 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 (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). Par contre, 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 et sont par contre 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 proviendrait 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 5b).

Tableau 5b Volume de viande (en tec) pour les vaches laitières non finies

système	% du volume	Tonnage*	% herbe	fini herbe	risque de sur-estimation
maïs	0,53	153700	0.2	30740	faible
mixte	0,18	52200	0.45	23490	fort
herbager	0,29	84100	0.9	75690	fort

*Sur la base de 290000 t ec

4. Discussion et conclusion

4.1. 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 mais 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 (B₁, B₉) 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, B₁₂ 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 B₂ et B₁₂ (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 B₁₂. 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 (eg equol), 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 rouges consommées, les apports supplémentaires seront d'environ 0,11g/j pour l'ALA (à comparer à 0,9 actuellement) et de 17mg/j pour le DHA et l'EPA (à comparer aux 250mg 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) et 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 maxi 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.

4.2. 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., 2015), en vitamine B₂ (Poulsen et al., 2015) et en antioxydants de type α -tocophérol, β -carotène et rétinol (Kusche et al., 2013). 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., 2014). La viande produite en agriculture biologique présente généralement des teneurs plus élevées 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

- 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.
- AFSSA, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (2005). Sécurité et bénéfices des phytoestrogènes apportés par l'alimentation – recommandations. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT-Ra-Phytoestrogenes.pdf> le 07 février 2017. 440 p.
- Agabriel C., A. Cornu, C. Journal, C. Sibra, P. Grolier, and B. Martin. 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. *Journées 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.
- Butler, J.H.Nielsen, T. Slots et al., "Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol.88, no.8, pp. 1431- 1441, 2008
- Calder P.C. (2012). 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. In: Proceedings 10th 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 JM, 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 MB (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 MB (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. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.02.011>
- 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.
- Froidmont E., Daems F., Decruyenaere V., Dehareng F., Franckson D., Lefevre A., Ninane V., Romnee JM. (2017). Les légumineuses, gage de produits de qualité différenciée. *AFPF, 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 & Girard CL, (sous presse). B vitamins in cow milk: their relevance to human health. In *Nutrients in Dairy and Their Implications on Health and Disease*, edited by R. R. Watson, R. J. Collier, and V. Preedy.
- Graulet, B. (2014). Ruminant milk: A source of vitamins in human nutrition. *Animal Frontiers*, 4(2), 24–30.
- 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'Élevage, (2011). La production de viande bovine en France Qui produit quoi, comment et où ? 60pp.
- Institut de l'Élevage, (2014), Guide de l'alimentation du troupeau bovin allaitant. Veaux, vaches et génisses de renouvellement, collection les Incontournables, Institut de l'Élevage Ed., 340 pp.
- Institut de l'Élevage, (2015), Où va le bœuf ? Vers toujours plus de transformation ! Dossier Economie de l'Élevage, n° 461, octobre 2015 , 40 pp.
- Institut de l'Élevage, (2016), 2015 : l'année économique viande bovine. Perspectives 2016. Dossier Economie de l'Élevage n° 464, 2016, 44 pp.
- Kalac P. (2013). Fresh and ensiled forages as a source of estrogenic equol in bovine milk : e review. *Czech. J. Anim. Sci.* 58 (7) : 296-303.
- 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.
- 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., Kuhnt K., Ruebesam K., Rohrer C., Nierop A.F.M., Jahreis G., Baars T. (2013). Fatty acid profiles and antioxydants 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. (2015). Bioactivation of phytoestrogens : intestinal bacteria and health. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2016 Aug 17;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 B₁₂ for human nutrition. *Anim Frontiers* 4 (April), 32-37.
- McDermott CM, Beitz DC, Littledike ET and Horst RL, 1985. Effects of dietary vitamin D₃ on concentrations of vitamin D and its metabolites in blood plasma and milk of dairy cows. *J Dairy Sci*, 68, 1959-1967.
- McDowell, 2000. *Vitamins in animal and human nutrition*, 2nd ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- 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., B. Graulet, A. Lucas, B. Martin, P. Grolier, and M. Doreau. 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., & P.F. Fox. (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. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 539426.
- Petit H.V., Gagnon N/ (2011). Production performance and milk composition of dairy cows fed different concentration of flax hulls. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 169: 46-52.
- 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. In *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2006;15(1):21-9.
- Poulsen, N. A., Rybicka, i., Poulsen, H. D., Larsen, L. B., Andersen, K. L., Larsen, M. K., 2015a. Seasonal variation in content of riboflavin and major minerals in bulk milk from three Danish dairies. *Intern Dairy J* 42, 6-11.
- Prieto, N., Dugan, M. E. R., López-Campos, O., McAllister, T. A., Aalhus, J. L., Uttaro, B. (2012). Near infrared reflectance spectroscopy predicts the content of polyunsaturated fatty acids and biohydrogenation products in the subcutaneous fat of beef cows fed flaxseed. *Meat Science*, 90(1), 43–51.
- 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. Vitamine, anti oxydants
- Średnicka-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, α -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.
- 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.
- Tome, D. (2012). Criteria and markers for protein quality assessment - a review. *The British Journal of Nutrition*, 108 Suppl (2012), S222–9.
- Troesch, B., Hoefl, B., McBurney, M., Eggersdorfer, M., Weber, P., 2012. 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. In: 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., Vuilleumard, 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.