

Contribution des produits laitiers aux apports nutritionnels selon la nature des fourrages distribués aux vaches laitières

B. Martin¹, B. Graulet¹, A. Uijtewaal³, A. Ferlay¹, M. Coppa¹, D. Rémond²

1 : Université d'Auvergne, INRA, Vetagro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 St-Genes-Champanelle, France, bruno.martin @inra.fr

2 : Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, Unité de Nutrition Humaine, 63000 Clermont-Ferrand, France

3 : Arvalis, Institut du Végétal, Station expérimentale de La Jaillière, 44 370 La Chapelle Saint Sauveur

Résumé

Les études épidémiologiques récentes ne mettent pas en évidence d'associations significatives entre la consommation de produits laitiers et le risque de mortalité toutes causes confondues. Au contraire, elles montrent des effets plutôt favorables allant dans le sens d'une réduction du risque de développement de différentes pathologies mais elles ne permettent pas d'apporter d'informations quant à la possible influence des conditions de production du lait sur la santé du consommateur. Après avoir rappelé les principaux facteurs de variation de la composition du lait, nous avons estimé la contribution des produits laitiers aux apports recommandés pour les adultes à partir de données de consommation récentes. Ces estimations ont été réalisées selon cinq grands types de rations couramment utilisées en France pour nourrir les vaches laitières. Comparativement aux rations à base d'ensilage de maïs, le pâturage permet de réduire les apports en acides gras saturés considérés comme délétères (acides laurique, myristique et palmitique) et il augmente notablement les apports en acides gras oméga-3 et en vitamine A dans l'alimentation humaine. L'effet de la nature des régimes des vaches laitières sur les apports en vitamines hydrosolubles et en minéraux semble cependant minime en raison de la faible consommation de produits laitiers dont la composition dépend de celle du lait utilisé pour les fabriquer et *in fine* de l'alimentation des vaches laitières (lait seulement pour les vitamines hydrosolubles et lait et yaourts pour les minéraux).

Introduction

Les produits laitiers tiennent une place importante dans l'alimentation des Français (ANSES, 2017). Sur le plan nutritionnel, ils apportent beaucoup de matières grasses saturées, notamment d'acides laurique, myristique et palmitique, considérés comme ayant un effet délétère sur la santé lorsqu'ils sont consommés en excès alors qu'ils apportent très peu d'acides gras essentiels, notamment d'acides gras oméga-3. Dans la mesure où la composition de la matière grasse laitière est très plastique, notamment selon l'alimentation des animaux, de très nombreux travaux se sont efforcés d'identifier les leviers permettant d'améliorer le profil en acides gras des matières grasses laitières. Le pâturage et la supplémentation des rations avec des matières grasses insaturées sont les deux pratiques les plus efficaces à court terme (FERLAY *et al.*, 2017 ; SIBRA *et al.*, 2018). Les publications sont cependant rarement allées jusqu'à quantifier les impacts potentiels de changements de pratiques sur les apports en nutriments pour la population. Lorsqu'elles l'ont fait, elles se sont focalisées sur certaines familles de composés (oméga-3 par exemple dans DURU et MAGRINI (2016) ; acides gras, vitamine A et minéraux dans CHASSAING *et al.* (2016)) ou de produits laitiers (fromages, LUCAS *et al.*, 2006b). Au-delà des matières grasses, les produits laitiers sont aussi les premiers contributeurs aux apports en calcium et phosphore et en vitamine A, et sont des vecteurs importants pour le zinc, l'iode, et les vitamines B2, B5, B9, B12, D et K2 (ANSES, 2017).

Le premier objectif de ce texte est de faire un point sur les études récentes établissant des liens entre la consommation de produits laitiers et la santé humaine, si possible selon les types de produits laitiers considérés et les modes de production associés. A partir des données de consommation répertoriées dans l'étude INCA3 (ANSES, 2017), nous quantifions ensuite la contribution des produits laitiers à la satisfaction des recommandations actuelles. Enfin, après avoir rappelé les principaux facteurs de variation de la composition du lait, nous estimerons la variabilité de ces apports selon les grands types de rations couramment utilisées en France. Pour cela, nous nous baserons sur les consommations réelles des différentes catégories de produits laitiers de façon à quantifier les effets potentiels des différents types de systèmes fourragers sur la couverture des recommandations nutritionnelles pour les adultes.

1. Produits laitiers et santé humaine

Les résultats des études épidémiologiques (études cas-témoins et études prospectives ou rétrospectives sur des cohortes), ainsi que ceux des essais cliniques randomisés contrôlés (RCT) constituent des « lignes de preuve » d'une possible association entre la consommation d'un groupe d'aliments et la santé. Les méta-analyses des résultats des études épidémiologiques et des RCT permettent d'agréger ces données et d'estimer une quantification du risque. Sur la base de l'analyse regroupée des différentes lignes de preuve (méta-analyses et revues systématiques de la littérature), il est alors possible d'établir un niveau de preuve de la relation entre la consommation d'un aliment et une pathologie, celle-ci pouvant être jugée convaincante, probable, suggérée, non concluante ou peu probable.

Les plus récentes méta-analyses des études épidémiologiques ne mettent pas en évidence d'association significative entre la consommation de produits laitiers et le risque de mortalité toute causes confondues (SCHWINGSHACKL *et al.*, 2017a) ou les risques de maladies coronariennes, d'accidents vasculaires cérébraux ou d'insuffisance cardiaque (BECHTHOLD *et al.*, 2017 ; GUO *et al.*, 2017). La consommation de produits laitiers semble même associée à une diminution du risque de diabète de type 2 (DT2) (SCHWINGSHACKL *et al.*, 2017b), d'hypertension (SCHWINGSHACKL *et al.*, 2017c) ou de cancer colorectal (SCHWINGSHACKL *et al.*, 2018). Aussi, dans son rapport d'actualisation des repères du Programme National en Nutrition et Santé (PNNS), l'ANSES (2016) considère comme probable le lien entre la consommation de produits laitiers et la prévention du DT2 et du cancer colorectal.

Les études épidémiologiques différencient rarement les produits laitiers entre eux (lait, yaourts, fromages). Il est donc difficile d'avancer des hypothèses mécanistiques pour expliquer les effets positifs de la consommation de produits laitiers. Dans le cas du DT2, l'effet protecteur des produits laitiers semble essentiellement attribuable aux produits fermentés (yaourts, fromages). Il serait donc probablement médié par l'action de la flore microbienne associée à ces produits (GILLE *et al.*, 2018). Inversement pour le cancer colorectal, l'effet bénéfique semble être associé à la consommation de lait non fermenté, mais pas à celle de yaourt ou de fromage (RALSTON *et al.*, 2014). L'effet potentiellement bénéfique des produits laitiers sur le risque d'hypertension pourrait quant à lui être en grande partie attribuable aux yaourts (BUENDIA *et al.*, 2018). Les produits laitiers ont longtemps été montrés du doigt en raison de leur teneur élevée en acides gras saturés qui sont à l'origine des maladies cardiovasculaires, par l'intermédiaire d'une augmentation du LDL-cholestérol. De nombreux travaux remettent en cause cette cascade d'événements (GERSHUNI, 2018), et expliquent la neutralité des produits laitiers dans les études épidémiologiques vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires. A l'intérieur des produits laitiers, même la consommation de beurre, longtemps décriée, ne semble pas être associée aux maladies cardio-vasculaires (PIMPIN *et al.*, 2016), et le fromage semblerait avoir un effet protecteur (GUO *et al.*, 2017). Outre l'effet spécifique des nutriments, la nature de la matrice alimentaire dans laquelle ils se trouvent semble aussi déterminante dans leurs effets sur la santé (THORNING *et al.*, 2017).

Les produits laitiers ont parfois été accusés de favoriser le développement de l'arthrite rhumatoïde. Les études d'intervention ne semblent cependant pas montrer d'effet positif de leur éviction de la diète (SMEDSLUND *et al.*, 2010). Leur éviction est de plus déconseillée lorsque l'arthrite rhumatoïde est déclarée (GOSSEC *et al.*, 2006). Une étude épidémiologique suggère au contraire un effet protecteur de la consommation de lait et de yaourts vis-à-vis de cette pathologie (HE *et al.*, 2016). De plus, si la consommation de produits laitiers par les adultes semble avoir peu d'incidence sur la santé osseuse

(ostéoporose, fractures), leur consommation pendant l'enfance et l'adolescence participe à la construction du capital osseux favorable à une bonne santé du squelette chez l'adulte (THORNING *et al.*, 2016).

Ces différentes études récentes montrent des effets plutôt favorables de la consommation de produits laitiers sur la santé humaine. Du fait de leur très grande diversité, les produits laitiers y sont considérés dans leur globalité. Ces études distinguent dans le meilleur des cas les grandes familles de produits laitiers (lait, yaourts, beurre ou fromage) mais n'apportent jamais d'informations plus précises qui permettraient d'évaluer la possible influence des conditions de production du lait sur la santé humaine.

2. Produits laitiers et nutrition

2.1. Les besoins nutritionnels

Les références nutritionnelles pour une population sont basées sur la connaissance des besoins nutritionnels, au sens large, définis comme la quantité minimale d'un nutriment devant être consommée par un individu pour favoriser sa bonne santé. La terminologie des références nutritionnelles est en cours d'évolution : les Apports Nutritionnel Conseillés (ANC) sont remplacés par les Références Nutritionnelles pour la Population (RNP) estimées à partir du Besoin Nutritionnel Moyen (BNM) de la population auquel on ajoute 2 écarts-types. Quand le BNM ne peut pas être correctement estimé par manque de connaissances, on utilise la notion d'Apport Satisfaisant (AS). Les références nutritionnelles diffèrent selon l'âge des individus. C'est notamment le cas pour les besoins énergétiques et la répartition entre lipides, glucides et protéines dans cet apport énergétique (ANSES, 2016). Ainsi, l'apport protéique doit représenter 6-15 % de l'Apport Énergétique Total (AET) de 0 à 3 ans, 10-20 % chez l'adulte et 15-20 % chez la personne âgée. De même, les lipides doivent représenter 45-55 % de l'AET de 0 à 3 ans, puis 35-40 % chez l'adulte quel que soit l'âge. Pour les protéines et les lipides apparaît également la notion « d'indispensabilité » de certains acides aminés et acides gras qui ne peuvent pas être synthétisés en quantité suffisante par l'organisme et doivent donc être obligatoirement apportés par l'alimentation. Par exemple pour les lipides, il va s'agir de l'acide linoléique, de l'acide α -linoléique et de l'acide docosahexaénoïque (DHA), pour lesquels des ANC ont été établis sur la base du besoin physiologique minimal connu (ANSES, 2011).

2.2. Apports des produits laitiers et couverture des besoins

La récente étude individuelle nationale des consommations alimentaires (INCA 3) (ANSES, 2017) permet d'estimer la consommation moyenne des Français en différentes catégories d'aliments, incluant les produits laitiers. En moyenne, les adultes (18-79 ans) consomment quotidiennement 75,45 g de lait liquide, 76,6 g de yaourts et fromages blancs et 31,2 g de fromage. La consommation de « matières grasses animales », constituées majoritairement de beurre et de crème fraîche mais qui incluent également les graisses animales (porc, volailles) et les huiles de poisson s'élève à 9,0 g/j. Les « entremets et crèmes desserts » et les « glaces, desserts glacés et sorbets » sont également majoritairement constitués de produits laitiers. Leur consommation journalière est de respectivement 17,4 g et 5,3 g. Nous avons pris en compte ces six catégories d'aliments pour estimer la contribution des produits laitiers aux apports en macronutriments, acides gras, minéraux et vitamines que nous présentons dans la suite de ce paragraphe. Les produits laitiers sont également présents dans d'autres catégories d'aliments consommés en quantités importantes comme les « sandwichs, pizzas, tartes, pâtisseries et biscuits salés » (61,2 g/j) ou les « viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés » (57,2 g/j) mais leur proportion est alors minoritaire et difficile à estimer à partir des seules données publiées.

– Macronutriments et acides gras

La consommation de lait et produits laitiers (définie ci-dessus) contribue respectivement chez les adultes à environ 13,4 %, 15,9 et 24,2 % des apports en énergie, protéines et lipides (ANSES, 2017).

La consommation de protéines d'origine laitière est de l'ordre de 13,2 g/j, ce qui permet de couvrir environ 12,5 % des besoins en protéines d'un homme adulte de 70 kg (0,66 g de protéines/kg/j). Ces protéines sont hautement digestibles (> 95 %) et leur composition en acides aminés indispensables est

en adéquation avec les besoins de l'homme. Les protéines du lait, surtout celles présentes dans la fraction soluble, apportent de plus une quantité importante de leucine, un acide aminé indispensable qui favorise l'anabolisme musculaire et est donc particulièrement intéressant pour lutter contre la perte de masse musculaire au cours du vieillissement (DARDEVET *et al.*, 2012). Certains peptides présents dans le lait, produits par la fermentation (yaourts, fromages) ou produits lors de la digestion peuvent également avoir des effets bénéfiques sur la santé, en régulant l'activité du tractus digestif ou en agissant sur le système vasculaire ou le système nerveux central (activité antihypertensive, opioïde, immunomodulatrice, anxiolytique) (REMOND *et al.*, 2016). De nombreuses études se sont intéressées à l'activité anti-hypertensive de ces peptides, basée sur l'inhibition de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (ACE). Cette activité antihypertensive semble pouvoir se manifester dans des conditions normales d'alimentation, des études menées chez l'homme ayant montré une baisse significative de la pression artérielle par rapport à un groupe témoin, suite à l'ingestion répétée de lait fermenté contenant naturellement des peptides antihypertenseurs (SEPPO *et al.*, 2003).

Les matières grasses laitières contribuent à hauteur de 24,2 % à l'apport de lipides dans l'alimentation des adultes. Nous estimons l'ingestion de lipides d'origine laitière à 18,3 g/j mais cette quantité est certainement sous-estimée. GIVEN, (2010) considérait une consommation moyenne de 28 g/j de lipides d'origine laitière calculée à partir de données de consommation plus anciennes. Les lipides que nous n'avons pas pris en compte sont ceux des viennoiseries, pâtisseries et gâteaux (9,1 g/j) qui sont majoritairement d'origine laitière mais difficiles à quantifier. Les acides gras saturés laurique, myristique et surtout palmitique (environ 23 % de l'apport énergétique du lait entier) font l'objet d'une recommandation visant à limiter les quantités ingérées au quotidien. Leur consommation est légèrement excédentaire (20 g/j au lieu de 18,6 g/j) par rapport aux recommandations alimentaires visant à minimiser le risque de maladies cardiovasculaires (ANSES, 2011). La contribution des matières grasses laitières à l'ingestion de ces trois acides gras saturés est de l'ordre de 38 %. Les matières grasses laitières sont également riches en acides gras monoinsaturés de configuration *cis* (acide oléique notamment) dont l'effet sur la santé humaine est jugé positif ou neutre. Les teneurs en acides gras polyinsaturés sont nettement plus faibles. L'acide linoléique (oméga-6) des produits laitiers représente 5,1 % des apports totaux de la diète. L'ingestion d'acide linoléique, très inférieure aux recommandations (1,0 g vs 2,1 g), provient à 10 % des matières grasses laitières. La consommation d'oméga-3 à longue chaîne, acide eicosapentaénoïque (EPA) et DHA, est aussi nettement inférieure aux recommandations ; les produits laitiers y contribuent modestement (respectivement 5,5 et 1,1 % des apports). Les matières laitières contiennent aussi des acides gras insaturés de forme *trans*, dont il est conseillé de limiter la consommation (ANSES, 2011) mais une distinction est maintenant clairement établie entre les acides gras *trans* obtenus par l'hydrogénation des huiles végétales et ceux naturellement présents dans les produits de ruminants. La consommation de ces derniers n'est pas associée à l'augmentation du risque d'apparition de maladies (FERLAY *et al.*, 2017). Ils sont constitués majoritairement d'acide ruménique (C18:2 *cis*9 *trans*11, le principal CLA du lait) et de son précurseur l'acide vaccénique (C18:1 *trans* 11). Les CLA ont des effets anticarcinogènes démontrés sur des modèles animaux mais ces effets positifs n'ont pas été validés chez l'homme (FERLAY *et al.*, 2017).

- Minéraux et vitamines

Le lait et les produits laitiers sont également des sources très significatives de minéraux. Ils procurent en particulier du calcium, du phosphore et du magnésium, qui sont les trois principaux minéraux des os. Ils contribuent respectivement à hauteur de 40,3, 23,5 et 9,1 % des apports chez l'adulte (ANSES, 2017). Le lait et les produits laitiers apportent également 16,6 % du zinc (métabolisme des protéines, des lipides et de certaines hormones), 21,7 % de l'iode (élément essentiel de la composition des hormones thyroïdiennes) et 7,6 % du sélénium (antioxydant).

Le lait et les produits laitiers contiennent l'ensemble des vitamines, mais ils sont surtout des sources importantes de vitamines A (sous forme de rétinol, 31,5 % des apports par les produits laitiers et de ses précurseurs, les caroténoïdes), D (calciférols, 29,3 %), B2 (riboflavine, 27,1 %), B5 (acide pantothénique, 16,3 %), B8 (biotine), B9 (folate, 12,6 %) et B12 (cobalamine, 17,2 %) (Tableau 1). La vitamine A participe à la vision et régule de nombreuses fonctions biologiques (croissance, reproduction...) ; les vitamines B sont impliquées dans le métabolisme cellulaire, alors que la vitamine D régule l'homéostasie du calcium (GRAULET, 2014). Les caroténoïdes ont en outre des propriétés antioxydantes et sont des pigments accessoires impliqués dans la vision. Leur consommation participe à ce titre à la lutte contre la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) qui touche la rétine.

TABEAU 1 : Références nutritionnelles, consommation moyenne des adultes et apports des produits laitiers.

	Référence ¹	Unité	Hommes	Femmes	Référence moyenne ²	Apports moyens totaux ³	Apports produits laitiers ⁴ (%)
<u>Apport énergétique et macro-constituants</u>							
Apport énergétique total (AET)		kcal/j	2 600	2 100	2 350,0	2 114,5	13,4
Protéines	ANC	% de l'AET	10	10	88,1 g/j	83,1 g/j	15,9
Lipides	ANC	% de l'AET	35-40	35-41	97,9 g/j	76,3 g/j	24,2
<u>Acides gras (AG)</u>							
AG saturés, dont	ANC	% de l'AET	≤ 12	≤ 12	≤ 28,2g/	32,4 g/j	37,0
C12:0+C14:0+C16:0	ANC	% de l'AET	≤ 8	≤ 8	≤ 18,8 g/j	20,0 g/j	38,0
AG monoinsaturés, dont oléique					41,1 g/j	21,7 g/j	17,6
AG polyinsaturés, dont linoléique	ANC	% de l'AET	4	4	9,40 g/j	9,8 g/j	16,5
α-linolénique	ANC	% de l'AET	1	1	2,35 g/j	7,0 g/j	6,7
eicosapentaénoïque, EPA	ANC	mg/j	250	250	250	117	5,1
docosahexaénoïque, DHA	ANC	mg/j	250	250	250	169	10,0
AG trans totaux		% de l'AET	≤ 2	≤ 2	≤ 4,70 g/j		5,5
<u>Caroténoïdes et vitamines liposolubles</u>							
Béta carotène						2691	2,6
A	RNP	µg ER/j	750	650	700	471	31,5
D	RNP	µg/j	15	15	15	3	29,3
E	AS	mg/j	10,5	9,9	10,2	9,8	5,2
<u>Vitamines hydrosolubles</u>							
B1	AS	mg/j	1,5	1,2	1,35	1,2	9,5
B2	AS	mg/j	1,8	1,5	1,65	1,8	27,1
B3	RNP	mg/j	17,4	14	15,7	20,5	2,2
B5	AS	mg/j	5,8	4,7	5,25	5,7	16,3
B6	AS	mg/j	1,8	1,5	1,65	1,7	6,8
B9	RNP	µg EFA/j	330	330	330	305	12,6
B12	AS	µg/j	4	4	4	5,4	17,2
C	RNP	mg/j	110	110	110	90	1,5
<u>Minéraux</u>							
calcium	RNP	mg/j	950	950	950	929	40,3
phosphore	AS	mg/j	700	700	700	1239	23,5
magnésium	AS	mg/j	420	360	390	341	9,1
zinc	RNP	mg/j	9,4	7,5	8,45	9,50	16,6
sélénium	AS	µg/j	70	70	70	125	7,6
iode	AS	µg/j	150	150	150	148	21,7

1 : ANC : Apports Nutritionnels Conseillés (ANSES, 2011) ; RNP : Référence Nutritionnelle pour la Population (ANSES, 2016) ; AS : Apports de Sécurité (ANSES, 2016)

2 : moyenne hommes – femmes. Les références pour les AG, exprimées en % de l'AET ont été transformées en g/j en considérant un AET de 2114 Kcal/j (apport moyen observé dans INCA3 (ANSES, 2017)

3 : valeurs rapportées dans INCA3 (ANSES, 2017)

4 : correspondent aux apports des « laits », « yaourts et fromages blancs », « fromages », « matières grasses animales », « entremets et crèmes desserts », « glaces, desserts glacés et sorbets » rapportées dans INCA3 (ANSES, 2017).

3. Composition du lait et des produits laitiers selon la nature de la ration fourragère

Tous les composés d'intérêt nutritionnel apportés par le lait et les produits laitiers, sont présents initialement dans le lait collecté à la ferme. Ces composés varient de façon significative sous l'effet de l'alimentation des vaches (fourrages, concentrés, suppléments). Néanmoins, leurs teneurs dans le lait et les produits laitiers consommés sont très différentes selon le produit considéré et, au sein d'une même famille de produits, elles peuvent être largement modulées par les procédés technologiques.

Par exemple, la fabrication fromagère entraîne une élimination partielle de l'eau du lait, variable selon le fromage, et une élimination quasi-complète du lactose. Elle conduit à une concentration des caséines, des matières grasses, des vitamines liposolubles mais elle n'en modifie pas la composition (LUCAS *et al.*, 2006a). À l'inverse, une partie des protéines, des vitamines hydrosolubles et des minéraux est perdue dans le lactosérum, lors de l'égouttage. Certains composés peuvent également être produits ou consommés par les micro-organismes intervenant lors de la fabrication du fromage ou du yaourt. Par exemple, au cours de la phase d'affinage, les micro-organismes de la croûte sont à l'origine du développement de vitamines spécifiques (B6 et B9). Généralement, la composition du fromage est très dépendante de la technologie employée. Les pâtes pressées cuites sont les plus concentrées en matières grasses et protéiques et les plus riches en minéraux, mais aussi les moins pourvues en vitamines hydrosolubles, alors que les fromages à pâtes molles présentent des caractéristiques opposées.

Afin de quantifier les impacts potentiels d'une modification du système d'alimentation des vaches sur la consommation par la population de composés d'intérêt nutritionnel, nous avons considéré trois groupes de composés : les acides gras et les vitamines liposolubles d'une part, les minéraux d'autre part et enfin les vitamines hydrosolubles. Les acides gras et les vitamines liposolubles ne sont pas ou peu modifiés par les procédés technologiques. La teneur totale en matières grasses des produits de consommation varie fortement selon le procédé (écrémage partiel ou ajout de matières grasses) mais la concentration de la matière grasse en ses différents acides gras et composés liposolubles n'est que marginalement modifiée (LUCAS *et al.*, 2006a). Pour ces composés, le profil en acides gras et en vitamines liposolubles des produits transformés est le reflet de celui du lait mis en fabrication. A partir de la connaissance de la quantité totale de matières grasses laitières consommée, il est ainsi possible de quantifier les apports des produits laitiers en ces constituants. La teneur des fromages en minéraux dépend quant à elle de la quantité totale de minéraux perdue dans le lactosérum. Cette dernière varie essentiellement en fonction du pH du lait lors de l'emprésurage si bien que la teneur initiale du lait en minéraux a peu d'influence sur celle des fromages. Pour quantifier les impacts d'une modification de la composition du lait, nous n'avons considéré que les apports des produits laitiers issus de procédés qui ne font pas intervenir d'égouttage : les laits de consommation et les yaourts. Enfin, pour les vitamines hydrosolubles, nous n'avons considéré que les apports des produits laitiers non fermentés (le lait de consommation) dans la mesure où ces vitamines peuvent être consommées ou produites par les micro-organismes intervenant lors de la transformation. Nous manquons actuellement de références concernant l'effet de la teneur initiale du lait sur la composition des produits laitiers fermentés. La teneur des laits en protéines dépend principalement du niveau des apports énergétiques de la ration, mais le profil des différentes protéines étant peu variable selon l'alimentation des vaches (SIBRA *et al.*, 2018), nous n'en tiendrons pas compte dans ce paragraphe.

3.1. Facteurs de variation de la composition des laits

– Acides gras et vitamines liposolubles

Les facteurs de variation de la composition du lait en acides gras sont bien connus. Ils ont fait l'objet de plusieurs synthèses bibliographiques récentes (FERLAY *et al.*, 2013 ; DURU *et al.*, 2017 ; SIBRA *et al.*, 2018). Nous rappellerons dans ce paragraphe les effets de la nature des fourrages qui ont été souvent décrits.

Les deux fourrages extrêmes quant à leur effet sur le profil en acides gras des laits sont l'herbe pâturée d'une part et l'ensilage de maïs d'autre part. L'herbe fraîche, nettement plus riche en acide α -linoléique que l'ensilage de maïs, est à l'origine de laits plus riches en acide α -linoléique (de +0,5 à +0,9 g/100 g d'acides gras totaux), associée à une plus faible proportion d'acides laurique, myristique et palmitique (de l'ordre de -8 à -15 g/100 g d'acides gras totaux). Ces modifications majeures résultent de l'augmentation des apports en acide α -linoléique par l'herbe et de l'inhibition de la synthèse mammaire des acides laurique, myristique et palmitique par des intermédiaires de la biohydrogénation ruminale des acides gras polyinsaturés (AGPI) ingérés (FERLAY *et al.*, 2017). L'apport d'herbe fraîche, induit également une augmentation de l'ensemble des acides gras trans (de l'ordre de +2 à +4 g/100 g d'acides gras totaux), principalement due à l'acide vaccénique, l'un des intermédiaires de la biohydrogénation ruminale des AGPI, et à l'acide ruménique principalement issu de la delta-9 désaturation de l'acide ruménique (FERLAY *et al.*, 2017).

La conservation de l'herbe joue un rôle important sur sa composition. Par rapport à l'ensilage ou l'enrubannage, le foin séché au sol est le mode de récolte qui influence le plus la teneur et le profil en acides gras du fourrage, et ce d'autant plus que le foin est récolté dans de mauvaises conditions (GLASSER *et al.*, 2013). Dans ce cas, la proportion d'acide linoléique diminue nettement lors de la fenaison. Ce dernier étant principalement localisé dans les feuilles, les pertes mécaniques lors des récoltes de foin sont à l'origine de cette diminution. En effet, les feuilles sèchent plus vite que les tiges et deviennent cassantes lors du processus de séchage (UIJTTEWAAL *et al.*, 2016). Ceci est d'autant plus vrai pour les légumineuses. Mais cet effet est également partiellement confondu avec le stade de récolte, souvent plus tardif pour le foin. A l'inverse, lors de la fenaison, la tendance à l'augmentation de la part d'acide palmitique (GLASSER *et al.*, 2013) s'explique par la perte de feuilles et la plus forte proportion de tiges, plus riches en cet acide gras (DIAS *et al.*, 2017). Ainsi, les techniques visant à produire un foin de qualité riche en énergie et en protéines en préservant les feuilles permettent également de récolter un foin riche en lipides et particulièrement en acide α -linoléique. Par rapport à l'herbe fraîche, le processus d'ensilage impacte peu la teneur et le profil en AG (GLASSER *et al.*, 2013). L'ensilage en coupe directe semble être le mode de récolte qui influence le moins le profil en acides gras des fourrages. A l'inverse, le préfanage plus ou moins poussé (ensilage préfané ou enrubannage) entraîne une faible diminution de la proportion d'acide α -linoléique par rapport à l'herbe fraîche. L'utilisation d'acide formique permet de légèrement mieux préserver les acides gras de l'herbe fraîche (GLASSER *et al.*, 2013) et l'effet des bactéries lactiques n'a pas été étudié. Dans les laits, comparativement au pâturage, les rations à base d'herbe conservée augmentent les proportions en acides laurique, myristique et palmitique mais de façon moindre que l'ensilage de maïs. Elles augmentent également le rapport oméga-6/oméga-3 et elles diminuent les teneurs en acides vaccéniques et ruméniques. Les effets de la conservation de l'herbe sur la teneur en acide α -linoléique du lait est variable : ils dépendent fortement de la teneur du fourrage en cet acide gras dont les facteurs de variation sont détaillés ci-dessus. Bien que les foins soient moins pourvus en acide α -linoléique que les ensilages, la teneur des laits de foin en cet acide gras sont équivalentes, voire supérieures, à celles des laits d'ensilage en raison d'une moindre biohydrogénation ruminale de l'acide α -linoléique.

La composition botanique de l'herbe joue également un rôle important sur le profil en acides gras des fourrages. La teneur en acides gras des plantes diffère notamment selon les familles botaniques et les espèces (GLASSER *et al.*, 2013 ; KHAN *et al.*, 2015) et les variétés d'une même espèce (BOUFAÏED *et al.*, 2003 ; PALLADINO *et al.*, 2009). Pour une même plante, la température et le rayonnement solaire durant la croissance pourraient également influencer leur teneur en lipides ainsi que leur profil en acides gras. En lien avec les mécanismes d'adaptation au froid (fluidité membranaire notamment), les températures fraîches auraient pour conséquence d'augmenter la part d'acides gras insaturés, notamment l'acide α -linoléique (ARVIDSSON, 2009). Le rayonnement et l'intensité lumineuse semblent avoir un effet positif sur la teneur en acide gras en raison de l'augmentation de l'activité photosynthétique de la plante et de la localisation préférentielle des acides gras dans les chloroplastes des feuilles (ARVIDSSON, 2009). Ces effets pourraient expliquer la teneur plus élevée des plantes de montagne en acide α -linoléique par rapport à celle des mêmes plantes ayant poussé en plaine (COLLOMB *et al.*, 2002). La fertilisation azotée augmente de façon modérée la teneur en lipides des plantes et la teneur en acide α -linoléique au détriment de tous les autres acides gras (GLASSER *et al.*, 2013). Néanmoins, les différences de teneurs et profils en acides gras observées entre plantes et selon leurs conditions de croissance s'avèrent faibles au regard de l'effet majeur du stade phénologique. La teneur en chacun des acides gras diminue au cours du cycle de développement des plantes (GLASSER *et al.*, 2013) lorsque le ratio tige/feuille augmente. Les feuilles contiennent l'essentiel des lipides de structure : les membranes des chloroplastes peuvent contenir jusqu'à 70 % des acides gras de l'appareil végétatif de la plante, l'acide α -linoléique y étant particulièrement concentré (ARVIDSSON, 2009). Ainsi, au cours du cycle de la plante, la proportion de feuilles et la teneur en acides gras diminuent et le pourcentage d'acides gras saturés augmente.

Ces différences de teneur et de profil en acides gras des fourrages ont des répercussions sur le profil en acides gras du lait. Par exemple, la proportion de légumineuses, plus riches en feuilles et en matières grasses que les graminées, agit fortement sur la teneur du lait en acide α -linoléique. Cette dernière peut être doublée avec du trèfle violet ou blanc comparativement à des graminées (DEWHURST, 2013). Les légumineuses riches en tannins, comme le sainfoin, réduisent la biohydrogénation ruminale de l'acide α -linoléique ce qui augmente nettement sa concentration dans le lait. De même, les prairies permanentes de montagne, de par leur plus grande proportion d'espèces diverses riches en métabolites secondaires, entraînent dans le lait une augmentation de la teneur en acide α -linoléique

et une réduction de la teneur en acides gras saturés de 12 à 16 atomes de carbone (FERLAY *et al.*, 2008). Des corrélations ont été mises en évidence entre la composition en acides gras du lait et la présence de certaines familles ou espèces botaniques dans les pâturages d'alpage. COLLOMB *et al.* (2002) ont par exemple relevé des corrélations positives entre l'occurrence des *Poacea* dans les pâturages et les acides gras saturés du lait ou entre l'occurrence des *Asteracea*, des *Apiacea*, des *Rosacea* et les acides gras polyinsaturés du lait. Comparativement à ces effets propres de la composition et de la diversité botanique des fourrages, celui du stade de l'herbe est plus important (COPPA *et al.*, 2015). Avec l'avancement du stade de maturité de l'herbe, la teneur en acides gras saturés du lait augmente (jusqu'à +6 g/100 g d'acide palmitique) au détriment des acides ruménique et α -linoléique qui diminuent (jusqu'à -0,9 et -0,3 g/100 g d'acides gras totaux) (FERLAY *et al.*, 2006).

- Vitamines et minéraux

Les caroténoïdes sont des molécules antioxydantes qui, chez les végétaux, sont associées à l'activité photosynthétique. Ils sont donc principalement localisés dans les feuilles et leur concentration dans les végétaux est d'autant plus importante que le rapport feuilles/tiges est plus élevé. Les principaux facteurs de variation sont ainsi liés à l'espèce botanique (légumineuses > graminées > dicotylédones) et, pour une même plante, à son stade phénologique. La fertilisation azotée exercerait également un effet positif sur la teneur en caroténoïdes des plantes (NOZIERE *et al.*, 2006). Cependant, les caroténoïdes et en particulier le β -carotène sont photosensibles ; ils sont détruits sous l'effet des UV. C'est pour cette raison que leur teneur dans les fourrages conservés est négativement corrélée à la durée d'exposition à la lumière, une fois les fourrages coupés (ADRIAN *et al.*, 2011) expliquant les faibles teneurs souvent rencontrées dans les foins. Le processus d'ensilage exerce lui aussi un effet négatif sur les teneurs en caroténoïdes ; la durée de la phase aérobie de l'ensilage est responsable de l'oxydation d'une partie des caroténoïdes (KALAC, 2012). Cet effet est cependant moins important que celui du fanage. La durée de la conservation pour l'ensilage (KALAC, 2012) comme pour le foin réduit encore la concentration en caroténoïdes de ces fourrages, probablement en raison des phénomènes d'oxydation (NOZIERE *et al.*, 2006). Les facteurs de variation de la teneur en vitamine E dans les fourrages sont très semblables à ceux du β -carotène.

Chez les ruminants, le β -carotène ingéré est absorbé au niveau intestinal où il est partiellement (bovins) ou totalement (ovins, caprins) converti en vitamine A. Chez les bovins, le β -carotène circulant ainsi que le β -carotène excrété dans le lait sont directement liés à la quantité de β -carotène ingérée (CALDERON *et al.*, 2007). En conséquence, le lait de vaches au pâturage contient des quantités de vitamine A, de β -carotène, ainsi que de vitamine E, qui peuvent être doublées comparativement à du lait de vaches alimentées avec du foin ou de l'ensilage de maïs (AGABRIEL *et al.*, 2007). Parmi les fourrages conservés, les rations à base d'ensilage d'herbe sont à l'origine de teneurs du lait plus élevées en vitamines A et E et en β -carotène, par rapport à des rations de foin de graminées ou d'ensilage de maïs (AGABRIEL *et al.*, 2007 ; NOZIERE *et al.*, 2006). Néanmoins, d'autres travaux suggèrent que les légumineuses déshydratées (luzerne) induisent dans le lait des teneurs en vitamine A et en caroténoïdes plus élevées que les foins de graminées, ce qui peut être attribué au processus technologique industriel de déshydratation, moins destructeur des caroténoïdes que la fenaison (DURIOT *et al.*, 2010). La composition et la diversité botanique des prairies ont finalement peu d'influence sur les teneurs en vitamines A et E et en β -carotène du lait de vaches (CALDERON *et al.*, 2006). En revanche, l'avancement du stade de l'herbe a pour conséquence de réduire fortement les teneurs du lait en vitamine A et β -carotène.

Les références concernant les autres vitamines du lait sont beaucoup plus fragmentaires. Les données disponibles indiquent que le pâturage, comparativement aux rations à base d'ensilage de maïs, augmente la concentration du lait en vitamines B2 et B9 et réduit sa concentration en vitamine B12 (CHASSAING *et al.*, 2011). Les rations à base de foin semblent avoir un effet similaire sur les vitamines B9 et B12 (DURU *et al.*, 2017). Comparativement à l'ensilage d'herbe, le foin réduit la teneur du lait en vitamine B2 mais n'a pas d'effet sur les teneurs du lait en vitamines C, B1 ou B6 (SHINGFIELD *et al.*, 2005). Par ailleurs, l'augmentation de la diversité botanique de l'herbe pâturée semble réduire la teneur du lait en vitamines B9 mais n'a pas d'effet sur les vitamines B2 et B12 (CHASSAING *et al.*, 2011).

Enfin, les facteurs de variation de la teneur des laits en minéraux sont encore très mal connus. D'après POULSEN *et al.* (2015), la teneur des laits en Ca, Mg et P est minimale en été et maximale en hiver mais ces tendances générales ne sont pas confirmées dans toutes les situations (CHASSAING *et*

al., 2016) si bien que l'origine alimentaire (pâturage vs rations conservées) de ces variations saisonnières reste incertaine. Une étude plus récente centrée sur le calcium du lait a confirmé à grande échelle que la teneur des laits de vache est minimale au printemps et en été et qu'elle est maximale en automne et en hiver (GAIGNON *et al.*, 2018). Elle a également permis de montrer que, comparativement aux rations à base d'herbe verte ou conservée, les rations à base d'ensilage de maïs sont à l'origine d'un lait plus riche en Ca.

3.2. Couverture des besoins des adultes selon les grands types de régimes

Les laits utilisés pour quantifier les effets d'une modification des systèmes d'alimentation des vaches laitières sur le niveau de couverture des besoins des adultes sont présentés dans les Tableaux 2 et 3. Ce sont des laits de tournée qui correspondent au mélange de laits de plusieurs fermes ayant des pratiques d'alimentation semblables. Ces données ont été partiellement publiées par CHASSAING *et al.* (2011 et 2016). Nous avons retenu 5 grands types de rations représentatives de situations classiquement rencontrées en France (DURU *et al.*, 2017). Il s'agit d'une part de rations à base d'herbe pâturée (prairies peu diversifiées ou très diversifiées) ou d'herbe conservée sous forme de foin et d'ensilage et, d'autre part, de deux rations à base d'ensilage de maïs, classiquement rencontrées en hiver (58% d'ensilage de maïs dans la matière sèche ingérée) ou en été lorsque les animaux ont un accès à la pâture (41 % d'ensilage de maïs et 30 % de d'herbe fraîche).

TABLEAU 2 : Composition de la matière grasse du lait et apports en acides gras et vitamines liposolubles des produits laitiers selon les grands types de régimes des vaches laitières. Les calculs sont réalisés en considérant l'ingestion de 18,3 g/j de lipides d'origine laitière et les références nutritionnelles moyennes (homme-femme) des adultes.

	Composition des laits					Apports de la consommation de matières grasses laitières (% de couverture des apports conseillés)				
	Systèmes herbagers			Système maïs ensil.		Systèmes herbagers			Système maïs ensil.	
	Pâturage ¹	Pâturage montagne ²	Ration hiver ³	Ration été ⁴	Ration hiver ⁵	Pâturage	Pâturage montagne	Ration hiver	Ration été	Ration hiver
Acides gras (AG, g/100 g d'acides gras totaux)										
AG saturés, dont	65,8	63,0	67,9	67,7	70,3	42,7	40,9	44,1	43,9	45,6
C12:0+C14:0+C16:0	42,3	40,7	45,8	46,3	49,1	41,2	39,6	44,6	45,1	47,8
AG monoinsaturés dont	23,9	25,1	23,8	23,6	21,7					
oléique	18,0	18,8	19,2	18,8	17,2	8,0	8,4	8,6	8,4	7,7
vaccénique	3,04	3,30	1,24	1,26	0,90					
AG polyinsaturés dont	3,13	4,40	2,48	2,45	2,29					
linoléique	1,09	1,72	1,29	1,44	1,55	2,1	3,3	2,5	2,8	3,0
α-linolénique	0,78	1,17	0,62	0,46	0,35	6,1	9,1	4,8	3,6	2,8
ruménique	1,26	1,51	0,57	0,55	0,38					
eicosapentaénoïque EPA	0,081	0,081	0,075	0,041	0,034	6,0	5,9	5,5	3,0	2,5
docohexaénoïque DHA	0,010	0,009	0,018	0,009	0,006	0,7	0,7	1,3	0,6	0,4
AG trans totaux	5,4	6,6	2,7	2,9	2,3	21,2	25,9	10,3	11,3	9,0
Caroténoïdes et vitamines liposolubles (µg/g MG)										
Béta carotène	6,0	5,1	2,6	3,4	1,5					
Vitamine A	4,5	4,8	3,9	5,1	3,6	13,1	13,8	10,7	14,0	9,8
Vitamine E	30,0	29,6	16,6	21,0	11,3	5,4	5,3	3,0	3,8	2,0

1 : Herbe verte : 78%, herbe conservée : 11%, concentré : 10% , ensilage de maïs : 1%

2 : Herbe verte : 88%, concentrés : 12%

3 : Ensilage d'herbe : 19%, foin : 56%, ensilage de maïs : 1%, herbe verte : 3%, concentrés : 21%

4 : Herbe verte : 30%, herbe conservée : 10%, ensilage de Maïs : 41%, concentré : 19%

5 : Herbe conservée : 16%, ensilage de maïs : 58%, concentrés : 26%

Comparativement à une ration à base d'ensilage de maïs (sans pâturage), une ration à base de pâturage peu diversifié permet de réduire de façon modérée les apports des matières grasses laitières en acides gras saturés totaux ; leur contribution aux apports maximums conseillés pour les adultes passe de 45,6 à 42,7 %. Elle ne permet pas de modifier de façon notable les apports en acide oléique et en DHA. En revanche, l'intérêt du pâturage concerne principalement la réduction des acides laurique,

myristique et palmitique, dont la contribution aux apports maximums passe de 47,8 à 41,2 %, et les acides α -linoléique et EPA, dont la contribution aux besoins est doublée même si elle reste modeste. Pour ces deux acides gras, elle passe de moins de 3 % à 6 % de couverture des besoins. Exprimée en pourcentage des apports actuels, très inférieurs aux recommandations, la contribution des matières grasses laitières aux apports en acides α -linoléique est de 14,4 % pour une ration à base de pâturage contre 6,5 % pour une ration à base de maïs. Cette proportion atteint même 21,4 % pour le pâturage de montagne sur des prairies très diversifiées. La ration à base de pâturage augmente la contribution des matières grasses laitières aux apports de vitamines A et E respectivement de 4 et 3 %. La contribution des matières grasses laitières aux apports maximums en acides gras de configuration trans est cependant augmentée de façon notable par le régime à base d'herbe pâturée : elle passe de 9 % dans le cas d'une ration à base d'ensilage de maïs à 21 % dans le cas d'une ration à base de pâturage peu diversifié. Cette augmentation est liée principalement à l'augmentation des apports en acides ruméniques et vaccéniques qui ne semblent pas avoir d'effet délétères sur la santé mais qui ne font pas l'objet de recommandations spécifiques à l'heure actuelle. Les rations à base d'ensilage de maïs avec un accès au pâturage et les rations à base d'herbe conservée présentent des caractéristiques intermédiaires.

TABLEAU 3 : Composition du lait et apports en vitamines hydrosolubles et en minéraux selon les grands types de régimes des vaches laitières. Les calculs sont réalisés en considérant la consommation de 75,4 g/j de lait liquide pour les vitamines B, et de 152 g/j de lait + yaourts pour les minéraux.

	Composition du lait					Apports de la consommation de lait (vitamines) ou de lait et de yaourts (minéraux) (% de couverture des apports conseillés)				
	Systèmes herbagers			Système maïs ensilage		Systèmes herbagers			Système maïs ensilage	
	Pâturage 1	Pâturage montagne ²	Ration hiver ³	Ration été ⁴	Ration hiver ⁵	Pâturage	Pâturage montagne	Ration hiver	Ration été	Ration hiver
Vitamines hydrosolubles (µg/g)										
B2	2,0	1,9	1,9	1,6	1,5	9,1	8,7	8,5	7,5	7,0
B6 ⁶	0,4	/	0,3	0,4	0,4	1,7	/	1,4	1,9	1,9
B9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2,5	2,3	2,5	2,3	2,3
B12, µg/kg	2,8	3,1	3,0	3,3	3,4	5,3	5,9	5,7	6,2	6,5
Minéraux (mg/l)										
calcium	1347	1271	1448	1305	1421	21,5	20,3	23,2	20,9	22,7
phosphore	883	886	863	903	905	19,2	19,2	18,7	19,6	19,6
magnésium	120	125	128	125	132	4,7	4,9	5,0	4,9	5,2
zinc	3,6	3,9	3,7	4,0	4,5	6,5	7,0	6,7	7,2	8,0

1 : Herbe verte : 78%, herbe conservée : 11%, concentré : 10%, ensilage de maïs : 1%

2 : Herbe verte : 88%, concentrés : 12%

3 : Ensilage d'herbe : 19%, foin : 56%, ensilage de maïs : 1%, herbe verte : 3%, concentrés : 21%

4 : Herbe verte : 30%, herbe conservée : 10%, ensilage de maïs : 41%, concentré : 19%

5 : Herbe conservée : 16%, ensilage de maïs : 58%, concentrés : 26%

6 : GRAULET *et al.*, communication personnelle

Les laits issus des régimes à base d'herbe sont plus riches en vitamines B2 et B9 (+25 et +8 % respectivement) alors que les laits issus des régimes à base d'ensilage de maïs sont plus riches en vitamines B6 et B12 (+29 et +20 % respectivement). Bien que marquées, ces différences de composition des laits n'ont qu'un impact marginal sur la contribution des produits laitiers à la couverture des besoins en raison de la faible quantité de lait consommée quotidiennement par les adultes. Au final, la différence de contribution entre les régimes extrêmes est de 2 points (en % de couverture des apports) pour la vitamine B2 et elle est encore inférieure pour les vitamines B6, B9 et B12. Les laits d'hiver issus des régimes sans pâturage sont plus riches en Ca (+13 %) et en Mg (+10 %) et les régimes à base d'ensilage de maïs sont plus pourvus en Zn (+21 %). Néanmoins, comme pour les vitamines B, ces différences de composition n'ont qu'un effet marginal sur la couverture des besoins des adultes en minéraux car ils ne concernent que les apports par la consommation de produits laitiers n'ayant pas subi d'égouttage (laits liquides et yaourts).

Conclusions

Ce travail met en lumière l'absence d'études épidémiologiques chez l'homme permettant d'apporter des éléments tangibles sur la question de l'intérêt potentiel d'une modification des systèmes fourragers des vaches laitières sur la composition du lait et des produits laitiers et, *in fine*, sur la santé humaine. Sur le plan nutritionnel, les simulations que nous avons réalisées, basées sur des données réelles de consommation, soulignent l'intérêt du pâturage pour améliorer les apports des produits laitiers en acides gras et en vitamines liposolubles. Cet intérêt tient principalement au fait que, dans la mesure où les procédés technologiques appliqués au lait ont peu d'effet sur la composition de la fraction grasse, le principal levier d'action se situe au niveau de l'alimentation des vaches, quel que soit le produit laitier considéré (lait, fromage, beurre...). Finalement, les rations à base d'herbe pâturée permettent de réduire les apports en acides gras saturés considérés comme délétères (acides laurique, myristique et palmitique) et elles augmentent notablement les apports en acides gras oméga-3 et en vitamine A. En revanche, l'influence de la nature des systèmes fourragers des vaches laitières sur les apports en vitamines hydrosolubles et en minéraux semble minime chez l'adulte en raison de la faible consommation de produits laitiers pour lesquels les procédés technologiques ne modifient pas la teneur initiale du lait. Il est important de souligner également les données fragmentaires de la littérature sur les facteurs de variation de nombreux composés d'intérêt nutritionnel pourtant apportés en quantité importante par les produits laitiers. Les manques les plus notables concernent les vitamines D et K2, ainsi que l'iode pour lesquels l'absence de données publiées n'a pas permis de réaliser de simulations. Dans cette approche, nous n'avons considéré que la population adulte et la moyenne des consommations. Il serait également opportun d'effectuer des simulations semblables chez les enfants et les adolescents ainsi que chez les personnes âgées.

Références bibliographiques

- ADRIAN C., BALLARD V., LORiot A., MAIGNAN S. (2011) : "Impact du temps de préfanage sur la composition chimique de la luzerne déshydratée". *Rencontres Recherches Ruminants*, 2011, 210.
- 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". *Journal of Dairy Science*, 90, 4884-4896.
- ANSES (2011) : Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras.
- ANSES (2016) : Actualisation des repères du PNNS : élaboration des références nutritionnelles.
- ANSES (2017) : Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3).
- ARVIDSSON K. (2009) : "Factors affecting fatty acid composition in forage and milk". Ph.D. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Swedish.
- BECHTHOLD A, BOEING H, SCHWEDHELM C, HOFFMANN G, KNUPPEL S, IQBAL K, DE HENAUW S, MICHELS N, DEVLEESSCHAUWER B, SCHLESINGER S, BOEING H. (2017) : "Food groups and risk of coronary heart disease, stroke and heart failure: A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies". *Critical reviews in food science and nutrition*, 2017:1-20.
- BUENDIA JR, LI Y, HU FB, CABRAL HJ, BRADLEE ML, QUATROMONI PA, SINGER MR, CURHAN GC, MOORE LL. (2018) : "Long-term yogurt consumption and risk of incident hypertension in adults". *Journal of hypertension* 2018, 36(8):1671-9.
- BOUFAIED, H., CHOUINARD, P.Y., TREMBLAY, G.F., PETIT, H.V., MICHAUD, R., BELANGER, G. (2003) : "Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations". *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 501-511.
- CALDERÓN F., TORNAMBÉ G., MARTIN B., PRADEL P., CHAUVEAU-DURIOT B., NOZIÈRE P. (2006). « Effects of mountain grassland maturity stage and grazing management on carotenoids in sward and cow's milk". *Animal Research*, 55, 1-12.
- CALDERÓN F, CHAUVEAU-DURIOT B, PRADEL P, MARTIN B, GRAULET B, DOREAU M, NOZIÈRE P (2007) : "Variations in carotenoids, vitamins A and E, and color in cow's plasma and milk following a shift from hay diet to diets containing increasing levels of carotenoids and vitamin. E". *J Dairy Sci*, 90, 5651-5664.
- CHASSAING C, GRAULET B, AGABRIEL C, MARTIN B, GIRARD CL (2011) : "Vitamin B9 and B12 contents in cow milk according to production system". *10th international meeting on mountain cheese, Dronero, Italy*, 35-36.

- CHASSAING C., SIBRA C., VERBIČ J., HARSTAD OM., GOLECKÝ J., MARTIN B., FERLAY A., CONSTANT I., DELAUAUD C., HURTAUD C., PONGRAC VZ., AGABRIEL C. (2016) : “Mineral, vitamin A and fat composition of bulk milk related to European production conditions throughout the year”. *Dairy Sci. & Technol.*, 96, 715–733.
- COLLOMB M., BÜTIKOFER U., SIEBER R., JEANGROS B., BOSSET J.O. (2002) : “Correlations between fatty acids in cows’ milk fat produced in the lowland, mountain and highlands of Switzerland and botanical composition of the fodder”. *International Dairy Journal*, 12, 661–666.
- COPPA M., FERLAY A., BORREANI G., REVELLO CHION A., TABACCO E., TORNAMBÉ G., PRADEL P., MARTIN B. (2015) : “Effect of phenological stage and proportion of fresh herbage in cow diets on milk fatty acid composition”. *Animal Feed Science and Technology*, 208, 66–78.
- DARDEVET D., RÉMOND D., PEYRON M.A., PAPET I., SAVARY-AUZÉLOUX I., MOSONI L. (2012) : “Muscle wasting and resistance of muscle anabolism: the "anabolic threshold concept" for adapted nutritional strategies during sarcopenia”. *ScientificWorldJournal*, 269531.
- DEWHURST R.J. (2013) : Milk production from silage: comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. *Agric Food Sci*, 22, 57-69.
- DIAS K. M., SCHMITT D., RODOLFO G.R., DESCHAMPS F.C., CAMARGO G.N., PEREIRA R.S., SBRISIA A.F. (2017) : “Fatty acid profile in vertical strata of elephant grass subjected to intermittent stocking”. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 89, 1707-1718
- DURIOT B, PRADEL P, NOZIERE P, TROQUIER O, MARTIN B, CIRIE C, GRAULET B (2010) : “Couleur et teneurs en caroténoïdes et vitamine A du plasma et du lait chez la vache au cours de la lactation”. *Renc Rech Rum*, 17, 400.
- DURU M., MAGRINI MB. (2016) : “Can we balance our dietary intake of polyunsaturated fats by consuming products from grass-fed livestock?”. *Fourrages*, 228, 301-312.
- DURU M., BASTIEN D., FROIDMONT E., GRAULET B., GRUFFAT D. (2017) : “How products from grass-fed cattle contribute to nutrient intake and consumer health”. *Fourrages*, 230, 131-140.
- FERLAY A, MARTIN B, PRADEL P, COULON JB, CHILLIARD Y (2006) : “Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and montbéliarde cow breeds”. *J Dairy Sci*, 89, 4026-4041.
- 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 Prod Anim*, 26, 177-192.
- FERLAY, A., BERNARD, L., MEYNADIER, A., MALPUECH BRUGÈRE, C. (2017) : “Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: a review”. *Biochimie*, 141, 107-120.
- GAIGNON P., GELE M., HURTAUD C., BOUDON A. (2018). “Characterization of the nongenetic causes of variation in the calcium content of bovine milk from French farms”. *Journal of Dairy Science*, 101, 4554-4569.
- GERSHUNI VM. (2018) : “Saturated Fat: Part of a Healthy Diet”. *Current nutrition reports*; 7(3), 85-96.
- GILLE D, SCHMID A, WALTHER B, VERGERES G. (2018) : “Fermented Food and Non-Communicable Chronic Diseases: A Review”. *Nutrients*, 10(4), 18p.
- GIVENS DI. (2010) : “Milk and meat in our diet: good or bad for health?” *Animal*, 4, 1941-1952.
- GLASSER F, DOREAU M, MAXIN G, BAUMONT R. (2013) : “Fat and fatty acid content and composition of forages: A meta-analysis”. *Animal Feed Science and Technology*, 185, 19-34.
- GOSSEC L, PAVY S, PHAM T, CONSTANTIN A, POIRAUDEAU S, COMBE B, FLIPO RM, GOUPILLE P, LE LOET X, MARIETTE X, ET AL. (2006) : “Nonpharmacological treatments in early rheumatoid arthritis: clinical practice guidelines based on published evidence and expert opinion. Joint, bone, spine”. *Revue du rhumatisme*, 73(4):396-402.
- GRAULET B. (2014) : “Ruminant milk : a source of vitamins in human nutrition.” *Animal Frontiers*, 4(2), 24-30.
- GUO J, ASTRUP A, LOVEGROVE JA, GIJSBERS L, GIVENS DI, SOEDAMAH-MUTHU SS. (2017) : “Milk and dairy consumption and risk of cardiovascular diseases and all-cause mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies”. *European journal of epidemiology*, 32(4), 269-87.
- HE J, WANG Y, FENG M, ZHANG X, JIN YB, LI X, SU LC, LIU S, WANG AX, CHEN XM, ET AL. (2016) : “Dietary intake and risk of rheumatoid arthritis-a cross section multicenter study”. *Clinical rheumatology*, 35(12), 2901-2908.
- KALÁČ P. (2012) : “Carotenoids, ergosterol and tocopherols in fresh and preserved herbage and their transfer to bovine milk fat and adipose tissues: A review”, *Journal of agrobiolgy*, 29, 1-13.
- KHAN N. A., FAROOQ M. W., ALI M., SULEMAN M., AHMAD N., SULAIMAN S. M., CONE J. W. HENDRIKS W. H. (2015) : “Effect of species and harvest maturity on the fatty acids profile of tropical forages”. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 25, 739-746.

- LINDQVIST H. (2012) : “ α -Tocopherol and β -Carotene in Forages and their Utilisation by Dairy Cows in Organic Production”. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae*. ISBN 978-91-576-7651-1. 71p.
- LUCAS A, ROCK E, CHAMBA J-F, VERDIER-METZ I, BRACHET P, COULON J-B (2006a) : “Respective effects of milk composition and the cheese-making process on cheese compositional variability in components of nutritional interest”. *Lait*, 86, 21–41.
- LUCAS A, AGABRIEL C, MARTIN B, FERLAY A, VERDIER-METZ I, COULON J-JB, ROCK E (2006b) : “Relationships between the conditions of cow’s milk production and the contents of components of nutritional interest in raw milk farmhouse cheese”. *Lait*, 86, 177-202.
- NOZIERE P., GRAULET B., LUCAS A., MARTIN B., GROLIER P., DOREAU M. (2006) : “Carotenoids for ruminants: from forages to dairy products”. *Animal. Feed Science and Technology* 131, 418–450.
- PALLADINO, R.A., O’DONOVAN, M., KENNEDY, E., MURPHY, J.J., BOLAND, T.M., KENNY, D.A. (2009) : “Fatty acid composition and nutritive value of twelve cultivars of perennial ryegrass”. *Grass and Forage Science*, 64, 219–226.
- PIMPIN L, WU JH, HASKELBERG H, DEL GOBBO L, MOZAFFARIAN D. IS BUTTER BACK? A Systematic Review and Meta-Analysis of Butter Consumption and Risk of Cardiovascular Disease, Diabetes, and Total Mortality. *PloS one* 2016;11(6):e0158118. doi: 10.1371/journal.pone.0158118.
- POULSEN NA, RYBICKA I, POULSEN HD, LARSEN LB, ANDERSEN KK, LARSEN MK (2015) : “Seasonal variation in content of riboflavin and major minerals in bulk milk from three Danish dairies”. *Int Dairy J*, 42, 6–11.
- RALSTON RA, TRUBY H, PALERMO CE, WALKER KZ. (2014) : “Colorectal cancer and nonfermented milk, solid cheese, and fermented milk consumption: a systematic review and meta-analysis of prospective studies”. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2014;54(9):1167-1179.
- RÉMOND D., SAVARY-AUZÉLOUX I., BOUTROU R, (2016) : “Bioactive peptides derived from food proteins”. In Dardevet D (Ed) *The Molecular Nutrition of Amino Acids and Proteins*. Elsevier
- SCHWINGSHACKL L, SCHWEDHELM C, HOFFMANN G, LAMPOUSI AM, KNUPPEL S, IQBAL K, BECHTHOLD A, SCHLESINGER S, BOEING H. (2017a) : “Food groups and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies” *The American journal of clinical nutrition*, 2017, 105(6), 1462-73.
- SCHWINGSHACKL L, HOFFMANN G, LAMPOUSI AM, KNUPPEL S, IQBAL K, SCHWEDHELM C, BECHTHOLD A, SCHLESINGER S, BOEING H. (2017b) : “Food groups and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of prospective studies”. *European journal of epidemiology*, 32(5), 363-75.
- SCHWINGSHACKL L, SCHWEDHELM C, HOFFMANN G, KNUPPEL S, IQBAL K, ANDRIOLO V, BECHTHOLD A, SCHLESINGER S, BOEING H. (2017c) : “Food Groups and Risk of Hypertension: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Studies”. *Advances in nutrition*, 8(6), 793-803.
- SCHWINGSHACKL L, SCHWEDHELM C, HOFFMANN G, KNUPPEL S, LAURE PRETERRE A, IQBAL K, BECHTHOLD A, DE HENAUW S, MICHELS N, DEVLEESSCHAUWER B, BOEING H. (2018) : “Food groups and risk of colorectal cancer”. *International journal of cancer*, 142(9), 1748-58.
- SEPPO L.; JAUHAINEN T., POUSSA T., KORPELA R. (2003) : "A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects" *American Journal Of Clinical Nutrition*, 77, 326-330.
- SHINGFIELD KJ, SALO-VÄÄNÄNEN P, PAHKALA E, TOIVONEN V, 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.
- SIBRA C., SCHMIDELY P., MARTIN, B. (2018) : “Maîtrise en élevage des qualités du lait, du beurre et du fromage”. In: Valérie Berthelot, *Alimentation des animaux et qualité de leurs produits* (p. 93-169). Paris, FRA : Editions Lavoisier TEC et DOC.
- SMEDSLUND G, BYFUGLIEN MG, OLSEN SU, HAGEN KB. (2010) : “Effectiveness and safety of dietary interventions for rheumatoid arthritis: a systematic review of randomized controlled trials”. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(5), 727-735.
- THORNING TK, RABEN A, THOLSTRUP T, SOEDAMAH-MUTHU SS, GIVENS I, ASTRUP A. (2016) : “ Milk and dairy products: good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence”. *Food & nutrition research*, 60, 32527. doi: 10.3402/fnr.v60.32527.
- THORNING TK, BERTRAM HC, BONJOUR JP, DE GROOT L, DUPONT D, FEENEY E, IPSEN R, LECERF JM, MACKIE A, MCKINLEY MC, MICHALSKI MC, RÉMOND D, ERUS UR, SOEDAMAH-MUTHU S, THOLSTRUP S, WEAVER C, ASTRUP A, GIVENS I, (2017) : “Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps”. *The American journal of clinical nutrition*, 105(5), 1033-1045.
- UIJTTEWAAL A., CHAPUIS S., CROCQ G., LEPEE P. (2016) : “Quoi de neuf en matière de récolte et conservation des légumineuses fourragères ? ”. *Fourrages*, 227, 157-166

